Postverlagsort Leipzig

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

UNTER MITWIRKUNG VON

A. BUTENANDT BERLIN-DAHLEM · P. DEBYE BERLIN-DAHLEM · F. K. DRESCHER-KADEN GÖTTINGEN · H. v. FICKER WIEN · R. GRAMMEL STUTTGART

O. HAHN BERLIN-DAHLEM · M. HARTMANN BERLIN-DAHLEM · F. KÖGL UTRECHT · M. v. LAUE BERLIN · E. v. d. PAHLEN POTSDAM

F. SAUERBRUCH BERLIN · H. SPEMANN FREIBURG I. BR. · H. STILLE BERLIN · F. v. WETTSTEIN BERLIN-DAHLEM

HERAUSGEGEBEN VON

FRITZ SÜFFERT

ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE
UND
ORGAN DER KAISER WILHELM-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN W 9

HEFT 36 (SEITE 601—616) 8. SEPTEMBER 1939 27. JAHRGANG

INHALT:

An den Grenzen von Theorie und Beobachtung. Von H. KIENLE 601

Neuere genetische Untersuchungen an *Drosophila* in ihrer Bedeutung für das Abstammungsproblem. Von GEORG GOTTSCHEWSKI. (Mit 3 Figuren) . 607

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN:

Über den Nachweis von Porphyrin und anderen organischen Substanzen im Kalkspat und Aragonit. Von H. HABERLANDT 613

Über eine elektrostatische Hochspannungslinse kurzer Brennweite. Von MANFRED VON ARDENNE. (Mit 2 Figuren) 614

Über die Raman-Spektren des Aluminium- und Arsentrimethyls. Von F. FEHÉR und W. KOLB 615

Ramanspektrum des Trimethylaluminium-Äthylätherats. Von F. FEHÉR und W. KOLB 616

BESPRECHUNG:

MAGER, FRIEDRICH, Die Landschaftsentwicklung der Kurischen Nehrung. (Ref.: Kurt Kaehne) 616

Röntgen-

Grob- und Feinstrukturuntersuchung

mit

Seifert-

Röntgenapparaten

Verlangen Sie Sonderdrucke über die Verwendung von Röntgenstrahlen für technische Untersuchungen.

RICH. SEIFERT & CO. / HAMBURG 13

Naturwiss.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen wöchentlich und können im In- und Auslande durch jede Sortimentsbuchhandlung oder jede Postanstalt bezogen werden. Preis vierteljährlich RM 9.60. Hierzu treten bei direkter Zustellung unter Kreuzband die Versandspesen bzw. beim Bezuge durch die Post die postalische Bestellgebühr. Einzelpreis dieses Heftes RM 1.— zuzüglich Porto. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte, Studierende, ferner Ärzte in nicht vollbezahlter Stellung erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Manuskripte, Bücher usw. an

Die Naturwissenschaften, Berlin W 9, Linkstr. 22/24, erbeten.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung (entsprechend § 42 des Verlagsgesetzes) der in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihre Verwendung für fremdsprachliche Ausgaben vor.

Anzeigen werden von der Verlagsbuchhandlung angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe erfragen. Letzter Annahme-Termin: 12 Tage vor Erscheinen der betreffenden Nummer.

Verlagsbuchhandlung Julius Springer, Berlin W 9, Linkstr. 22/24
Fernsprecher: 21 81 11.

BEZUGSQUELLEN

METEOROLOGISCHE INSTRUMENTE

Wilh. Lambrecht, Göttingen

MIKROSKOPISCHE HILFSMITTEL

Bernhard Halle Nachf., Berlin-Steglitz, Hubertusstraße 11: Polarisations-Optik

MINERALIEN UND GESTEINE

Mineralien-Niederlage der Staatl. Sächs. Bergakademie Freiberg/Sa.

OPTIK

J. D. Möller G. m. b. H., Wedel/Holstein

PHOTOZELLEN

Dr. B. Lange, Berlin-Dahlem, Garystr. 45/47

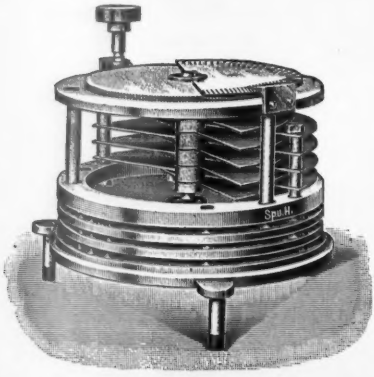
PHYSIKALISCHE APPARATE

Berliner physikalische Werkstätten G. m. b. H., Berlin W 35, Woyrschstr. 8. Telegrammadr. Physik

SPEKTRALAPPARATE

Bernhard Halle Nachf., Berlin-Steglitz, Hubertusstraße 11: Spektral-Optik für d. sichtb. u. U-V-Gebiet

SPINDLER & HOYER Kom.-Ges.
Mechanische und optische Werkstätten
GÖTTINGEN 40



Dreh-Kondensatoren
von 100—3000 *pF*
Fest-Kondensatoren
von 5—100000 *pF*
nach den Modellen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt
Verlangen Sie Liste

Karte, die elektromagnetischen Strömungen im Universum darstellend, für 2000— von Urheber zu verkaufen.
SENGER, BERLIN N 31, Wolgaster Str. 11

Die große Zahl der Menschen, die als freiwillige Helfer und Helferinnen in der NSV. tätig sind, zeigen, wie stark die Ideen unseres Führers im Volk lebendig geworden sind.

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

27. Jahrgang | 8. September 1939. | Heft 36

An den Grenzen von Theorie und Beobachtung[1].

Von H. KIENLE, Göttingen.

Die Grenzen der Forschung liegen da, wo das sichere Wissen aufhört und das Nicht-Wissen beginnt, das für den Forscher nur ein Noch-Nicht-Wissen ist. Sein ganzes Bemühen ist darauf gerichtet, die Grenze dieses Noch-Nicht-Wissens hinauszurücken, immer neue Bereiche des Unbekannten, Noch-Nicht-Gewußten in den Kreis des sicheren Wissens einzubeziehen. Hier in Königsberg hat vor einer Reihe von Jahren auf einer Naturforscherversammlung unser großer Mathematiker HILBERT das stolze Wort gesprochen[2]:

„Wir müssen wissen,
Wir werden wissen."

Dies allerdings zunächst nur im Hinblick auf die Probleme der reinen Mathematik, jene ureigenste Schöpfung des menschlichen Geistes, die in souveräner Loslösung von naturwissenschaftlicher Empirie sich selbst Form und Gesetze gibt. Wenn HILBERT darüber hinaus meint: „Für den Mathematiker gibt es kein Ignorabimus, und meiner Meinung nach auch für die Naturwissenschaften überhaupt nicht", so werden ihm da vielleicht nicht alle folgen. Der Naturforscher ist im ganzen etwas zurückhaltender, etwas weniger optimistisch und fürchtet bei manchen Fragen, die er stellt oder doch stellen möchte, daß hinter dem „Wir wissen es nicht" ein unerbittliches „Wir werden es nie wissen" stehen könnte. Er ist sich auch klar darüber, daß das, was er als „Theorien" bezeichnet, nicht in die einfachen Kategorien „richtig" oder „falsch" eingeordnet werden kann, daß der Wahrheitsgehalt seiner Theorien nicht den gleichen Charakter hat wie der mathematischer Sätze.

Wenn wir Theorien aufstellen, dann machen wir uns Bilder von der Welt und den Dingen in ihr und geben unter Einführung einfacher „Naturgesetze" Beschreibungen des Verhaltens dieser außer uns selbst existierenden Welt. Aus dem Zusammenfallen des aus der Theorie vorausgesagten Verhaltens mit dem im planvoll geleiteten Experiment beobachteten schließen wir auf die „Richtigkeit" der Theorie, besser vielleicht gesagt, auf die „Brauchbarkeit der ihr zugrunde gelegten Vorstellungen". Eines jedenfalls ist klar: Ebenso selbstverständlich wie wir es nicht lassen können Theorien zu machen, um nicht bei der bloßen Beschreibung der Beobachtungen und der Aufzählung von Tatsachen stehenzubleiben — ebenso selbstverständlich müssen wir jeden Augenblick bereit sein, eine Theorie aufzugeben, wenn die aus ihr gezogenen Folgerungen irgendwie mit den Beobachtungen in Widerspruch geraten.

Wann allerdings dieser Augenblick eintritt, wie lange wir die wesentlichen Grundlagen einer alten Theorie beibehalten, durch Ausbau und Erweiterungen oder spezielle Zusatzannahmen neuen Beobachtungsbefunden gerecht werden können, das zu entscheiden ist nicht immer ganz leicht; und die Entscheidung wird oft nicht in der Sphäre der reinen Wissenschaft gesucht oder sogar gefällt. Was dogmatische Erstarrung ist, die sich einer neuen Entwicklung entgegenstemmt, und was nur gesundes Festhalten an Gesichertem gegenüber allzu umstürzlerischem Wegräumen — das im richtigen Lichte zu sehen ist meist der überlegenen Rückschau späterer Generationen vorbehalten. Dadurch aber wird an der Grenze der Forschung fast immer zugleich eine Kampfzone menschlicher Leidenschaften entstehen, in der das Leben derer sich abspielt, die von den Nachfahren als Helden oder Märtyrer verehrt werden.

Als an mich die Aufforderung gerichtet wurde, als Astronom zum Gedächtnis des Mannes zu sprechen, den wir als einen unserer ganz Großen betrachten, glaubte ich mich dieser Aufgabe nicht entledigen zu sollen durch eine historische Darstellung seines Lebenswerkes und seiner Bedeutung für unser Weltbild, als vielmehr dadurch, daß ich versuche Sie dahin zu führen, wo heute die Grenzen der Forschung liegen. Einmal, weil es die würdigste Totenehrung ist, wenn wir unseren eigenen Kampf bestehen und uns nicht nur an den großen Leistungen der Vergangenheit begeistern; zum anderen, weil es gut sein wird, in dieser Kampfzone einige Stellungen zu klären, die, um in dem Bilde zu bleiben, manchmal etwas vernebelt erscheinen.

Die Grundlagen der klassischen Astronomie sind das Gesetz von der geradlinigen Ausbreitung des Lichtes im Raume und das NEWTONsche Gesetz von der allgemeinen Massenanziehung. Geometrie der Lichtstrahlen und Mechanik des Massenpunktes, des starren und deformierbaren Körpers bestimmen zugleich ihr Rüstzeug und ihren Inhalt. Bis tief in das 19. Jahrhundert hinein ist Astronomie weitgehend gleichzusetzen mit „himmlischer Mechanik". COPPERNICUS sagt: „Wenn die Würde der Wissenschaften nach dem Gegenstand abgeschätzt werden soll, den sie behandeln, wird diejenige bei weitem die höchste sein, welche einige Astronomie, andere Astrologie, viele der Alten aber die Vollendung der Mathematik nennen."

In der Tat haben die größten Mathematiker der zwei Jahrhunderte nach NEWTON ihr bestes Können an die Aufgabe gesetzt, die Folgerungen

[1] Rede bei der Coppernicus-Feier der Universität Königsberg am 18. Februar 1939.

[2] Naturwiss. **18**, 959 (1930).

aus dem einen umfassenden Grundgesetz zu ziehen, daß, *wo immer zwei Körper im Raum vorhanden sind, sie sich gegenseitig anziehen mit einer Kraft, die ihren Massen direkt, dem Quadrat ihrer Entfernung umgekehrt proportional ist.* Das Ergebnis rastloser Bemühungen um diese Aufgabe ist eine bis in die feinsten Einzelheiten die Beobachtungen von Jahrhunderten darstellende Theorie der Bewegungen im Planetensystem. An der Störungstheorie und am Dreikörperproblem haben sich aber zugleich neue mathematische Methoden und Erkenntnisse entwickelt, in steter Wechselwirkung zwischen der reinen Theorie und ihren Anwendungen auf die Natur. Das erst in unseren Tagen einer Lösung nähergebrachte allgemeine Dreikörperproblem ist allmählich ganz in den Bereich der reinen Mathematik gerückt; aber wir zweifeln nicht, daß sich eines Tages auch diese Untersuchungen wieder fruchtbar erweisen werden für Probleme, die das Planetensystem oder das Milchstraßensystem stellen.

Wenn die Frage aufgeworfen wird, *ob das Gravitationsgesetz in der Form, die* NEWTON *ihm gegeben hat, strenge Allgemeingültigkeit beanspruchen könne*, dann ist es gut, sich klar zu machen, welcher Art denn überhaupt die Möglichkeiten sind, die uns zu Gebote stehen. Wir können ja nicht einfach irgendwelche Experimente anstellen, um unmittelbar zu prüfen, ob die Grundformel selbst „richtig" ist, ob also z. B. die Kraft wirklich genau umgekehrt mit dem Quadrat der Entfernung abnimmt oder nicht etwas stärker oder schwächer. Vielmehr liegt vor auf der einen Seite eine Theorie, die als Ergebnis eines umfangreichen Rechenprozesses die räumlichen Koordinaten der Planeten liefert, in einem im NEWTONschen Sinne absoluten Koordinatensystem, als Funktion einer ebenfalls im NEWTONschen Sinne absoluten Zeit. Auf der anderen Seite haben wir Beobachtungen der Planeten, von bestimmten Orten der Erde aus angestellt, bezogen also zunächst auf ein mit der Erde verbundenes Koordinatensystem, und gemessen mit Uhren, deren Gang gegeben ist durch die tägliche Umdrehung der Erde gegenüber dem Fixsternhimmel. In den Vergleich der Beobachtungen mit der Theorie gehen also neben den Fehlern der Theorie und der Beobachtungen selbst noch gewisse Zwischenglieder ein, die das empirische Koordinatensystem der Beobachtungen in Beziehung setzen zu dem idealen System der Theorie, und die selbst wieder erst aus Beobachtungen abgeleitet werden müssen.

Im ganzen also eine recht verwickelte Aufgabe, die nur auf dem Wege schrittweiser Näherungen und Verbesserungen gelöst werden kann. Jede der Zahlen, die in den „Ephemeriden" unserer Jahrbücher den Ort eines Planeten am Himmel bezeichnet, ist letzten Endes eine Summe von vielen Einzelposten verschiedener Herkunft, und man kann nicht ohne genaue Kenntnis der inneren Zusammenhänge der ganzen Theorie aus Abweichungen der beobachteten von den vorausberechneten Orten Schlüsse auf die Gültigkeit der Grundlagen der Himmelsmechanik ziehen.

Die Tatsache, daß die Bewegung jedes Gliedes des Planetensystems mit den Bewegungen aller anderen Glieder durch die Wirkung der allgemeinen Massenanziehung verkoppelt ist, bedeutet eine starke Bindung bezüglich der *Möglichkeiten, die für die Erklärung und Beseitigung etwaiger Unstimmigkeiten zwischen Theorie und Beobachtung bestehen.* Wenn seinerzeit z. B. die Abweichungen des Uranus von seiner vorausberechneten Bahn auf Störungen durch einen noch unbekannten Planeten zurückgeführt wurden, mußte dieser hypothetische, nachmals mit dem Namen Neptun belegte Planet in einer solchen Entfernung gesucht werden, daß seine Wirkung nicht Unordnung in die Theorie der übrigen Planeten bringen konnte. Und wenn wir heute gewisse Schwankungen in der Bewegung des Mondes und der Planeten unserer Zeitmessung zur Last legen und uns zu der Annahme gezwungen sehen, daß die Erde nicht gleichförmig rotiere, daher keine ideale Uhr darstelle, dann müssen alle Bewegungen im Planetensystem auf die verbesserte empirische Zeit umgerechnet werden, und durch diese Umrechnung dürfen an keiner Stelle mit den Beobachtungen unverträgliche Abweichungen auftreten.

Halten wir das alles zusammen — die möglichen Unsicherheiten in den rein mathematischen Entwicklungen der Theorie, die Ungenauigkeiten der aus Beobachtungen abzuleitenden Reduktionsgrößen für Koordinatensystem und Zeitmessung und die Fehler der Beobachtungen selbst —, dann können wir feststellen, daß nur in einem einzigen Punkt ein wirklich ernst zu nehmender Unterschied zwischen Beobachtung und Theorie übrigbleibt, der dazu zwingen könnte, die strenge Gültigkeit des der klassischen Himmelsmechanik zugrunde liegenden Grundgesetzes NEWTONS selbst in Frage zu ziehen: der Überschuß in der Bewegung des Perihels der Merkurbahn von rund 1 % gegenüber dem aus der Theorie folgenden Betrag.

Zwar besteht die Möglichkeit, auch noch diesen Widerspruch zu beseitigen durch gewisse Annahmen über die im Zodiakallicht in Erscheinung tretenden Staubmassen, aber diese immerhin ad hoc konstruierte Theorie hat an Wahrscheinlichkeit eingebüßt durch neuere Untersuchungen photometrischer Art über dieses Zodiakallicht. Dadurch gewinnt die Erklärung an Bedeutung, die aus sehr viel allgemeineren Überlegungen heraus zu einer Abänderung der letzten Grundlagen der Mechanik selbst kommt, eine Erklärung, für die NEWTONS Formel als erste Näherung aus einem tieferen Grundgesetz folgt, das die Erscheinungen der Gravitation mit der Struktur unserer Raum-Zeit-Messung verknüpft: die allgemeine Relativitätstheorie oder, wie man besser sagen sollte, um dieses von Philosophen und im Nicht-Fach-Schrifttum so oft mißverstandene und mißdeutete Wort endgültig auszumerzen; die allgemeine *Gravitationstheorie.* Ich betone diesen Unterschied in der Be-

zeichnung an dieser Stelle nachdrücklich, weil Wert darauf gelegt werden muß, zu unterscheiden zwischen dem mathematisch-formalen Gehalt einer Theorie in dem Sinne, wie eingangs naturwissenschaftliche Theorien überhaupt gekennzeichnet wurden, und den Philosophien, die um eine solche Theorie herum gemacht, oder den Weltanschauungen, die auf sie gegründet wurden.

Wir sind hier in einer Lage, die man in sinngemäßer Übertragung ähnlich kennzeichnen könnte wie COPPERNICUS in seiner Vorrede an den Papst, wo er schreibt: „Daß mich zum Nachdenken über eine andere Art, die Bewegungen der Weltkörper zu berechnen, nichts anderes bewogen hat, als weil ich sah, daß die Mathematiker selbst bei ihren Untersuchungen hierüber mit sich nicht einig sind." Ob man noch mit einer auf den besonderen Fall zugeschnittenen Zusatzannahme auskommen will, um alte Vorstellungen zu retten, oder ob man vertrauensvoll und kritisch zugleich neue Gedanken aufnehmen will, das zu entscheiden ist für uns heute nicht leichter als für die Zeitgenossen des COPPERNICUS. Waren doch auch damals die Argumente des COPPERNICUS so wenig zwingend, daß noch fast ein volles Jahrhundert später der, den wir einen der größten Beobachter aller Zeiten nennen, TYCHO BRAHE, sich nicht überzeugen ließ. Und doch mußten gerade seine Beobachtungen durch die geniale Interpretation eines KEPLER das Werk des COPPERNICUS vollenden helfen!

Wir wollen fürs erste uns hier damit begnügen festzustellen, daß *die Bewegung des Merkur den Rahmen der klassischen Himmelsmechanik sprengt*, daß wir an einer Grenze halten, die uns verpflichtet, vorurteilslos — nicht voraussetzungslos! — neue, uns dargebotene Wege zu prüfen.

Wir haben oben gesagt, daß wir in der Astronomie Geometrie mit Lichtstrahlen treiben, daß wir Lichtstrahlen als gerade Linien betrachten, die Beobachter und Lichtquelle verbinden. Für KANT war es noch eine Selbstverständlichkeit, daß in einem Dreieck, das aus solchen Lichtstrahlen gebildet wird, die Summe der 3 Winkel 180° ist; für ihn gab es keine andere Geometrie als die des EUKLID. Wir haben inzwischen gelernt, daß es auch Räume mit anderen Maßbeziehungen gibt, und daß wir durchaus die Möglichkeit zulassen müssen, in einem Raum nichteuklidischer Struktur zu leben.

Zwar hat die immer wieder nacherzählte Geschichte, daß GAUSS durch Ausmessung eines großen Dreiecks auf der Erde habe prüfen wollen, ob die Winkelsumme von 180° abweiche, nur den Charakter einer nicht belegbaren Anekdote, aber wir verzeichnen doch Äußerungen von ihm wie diese: *„Wir müssen in Demut zugeben, daß, wenn die Zahl bloß unseres Geistes Produkt ist, der Raum auch außer unserem Geiste eine Realität hat, der wir a priori ihre Gesetze nicht vollständig vorschreiben können"* und *„Ich komme immer mehr zu der Überzeugung, daß die Notwendigkeit unserer Geometrie nicht bewiesen werden kann."* Von hier führt über RIEMANN eine geradlinige Entwicklung zu den Diskussionen unsere Tage über die Fragen: „Ist der Raum endlich oder unendlich? Gelten in ihm euklidische oder nichteuklidische Maßbeziehungen?"

Es scheint, daß diese Fragen langsam einer Entscheidung entgegenreifen, weil astronomische Beobachtungen in Entfernungen vorgetragen worden sind, die von der Größenordnung des möglichen Krümmungsmaßes des Raumes selbst sind, und weil diese Beobachtungen Gesetzmäßigkeiten enthüllt haben, die im Rahmen unserer bisherigen Vorstellungen unverständlich sind.

Als vor nunmehr 100 Jahren hier in Königsberg BESSEL, der große Zeitgenosse GAUSS', durch Messungen mit dem neuen Heliometer aus FRAUNHOFERS Hand die Entfernung eines Fixsterns sicherstellen konnte, setzte er zugleich den Schlußstein in das Gebäude des COPPERNICUS und legte den Grund mit zu unseren heutigen Kenntnissen von der Größe der Welt. Zwar bedurfte es einer eigentlichen Bestätigung der Coppernicanischen Lehre zu jener Zeit nicht mehr; sie war durch KEPLER und NEWTON und die überwältigenden Erfolge der Himmelsmechanik längst in sich gefestigt. Aber es mußte doch Befriedigung gewähren, dem Einwand, die Fixsterne zeigten nicht die aus der Bewegung der Erde um die Sonne zu folgernde scheinbare jährliche Kreisbewegung, nicht mehr nur mit dem Argument des COPPERNICUS begegnen zu müssen: „Obgleich der Ort der Erde nicht im Mittelpunkt der Welt liegt, so ist dennoch diese Entfernung, namentlich im Verhältnis zur Fixsternsphäre, noch nicht meßbar", sondern endlich auf Grund wirklicher geometrischer Messungen sichere zahlenmäßige Angaben machen zu können über dieses Verhältnis der Entfernung der Fixsterne zur Entfernung der Sonne.

Noch aber bewegte man sich hart an der Grenze des Meßbaren überhaupt. Und als um die Wende zum 20. Jahrhundert, da man noch kaum über hundert einigermaßen sichere „trigonometrische Parallaxen" verfügte, auf der Astronomenversammlung in Heidelberg[1] zum ersten Male die Frage nach dem „zulässigen Krümmungsmaß des Raumes" aufgeworfen wurde, fand man sich in einer ähnlichen Lage wie COPPERNICUS: Man konnte nur eine untere Grenze für die Krümmung des Raumes bzw. für die Größe der als endlich gedachten Welt angeben und sah keine Möglichkeit, wie „mit Hilfe der bisherigen Forschungsmethoden ein prinzipieller Fortschritt erzielt, also bewiesen werden könnte, daß das Volumen des Raumes groß gegen das Volumen des uns sichtbaren Sternsystems wäre, oder daß der Raum wirklich eine bestimmte positive oder negative Krümmung hätte".

Die Dreiecksmessung mit Lichtstrahlen, auf der Basis der Bewegung der Erde um die Sonne,

[1] Vjschr. Astr. Ges. 35, 337 (1900).

reicht bis in Entfernungen von höchstens 10 Millionen Erdbahnradien oder rund 150 Lichtjahren. Hier hört die Geometrie auf, Grundlage der Entfernungsmessung zu sein, weil wir an die Grenze der Genauigkeit unserer Winkelmessungen gelangen. Inzwischen aber sind andere Methoden der Entfernungsbestimmung entwickelt worden, die über die Geometrie hinausgehen, die Lichtstrahlen nicht mehr nur als gerade Linien betrachten, sondern als Träger physikalischer Vorgänge. Indem wir die Energien messen, die durch Lichtstrahlen von den Sternen zu uns getragen werden, gewinnen wir eine Möglichkeit, das physikalische Grundgesetz der Lichtausbreitung, daß die Intensität abnimmt mit dem Quadrat der Entfernung, zur Grundlage von Entfernungsbestimmungen zu machen.

Diese *photometrischen Methoden der Entfernungsmessung* sind es, die uns bis an die Grenzen des Milchstraßensystems und darüber hinaus zu anderen, dem unseren gleichgeordneten Milchstraßensystemen geführt haben, in Entfernungen, die nach Tausenden und Millionen von Lichtjahren zählen. Der unserer Messung zugänglich gewordene Raum hat sich fast genau millionenfach vergrößert gegenüber dem durch trigonometrische Entfernungsbestimmungen erfaßbaren. Damit ist gesicherter Bestand des Wissens geworden, was KANT in seiner „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels" über die Natur der gerade damals entdeckten elliptischen Nebelfleckchen nur vermuten konnte: „. . . daß es nicht einzelne so große Sterne, sondern Systemate von vielen sind, deren Entfernung sie in einem so engen Raume darstellet, daß das Licht, welches von jedem derselben einzeln unmerklich ist, bei ihrer unermeßlichen Menge, in einen einförmigten blassen Schimmer ausschlägt. Die Analogie mit dem Sternsystem, darin wir uns befinden, ihre Gestalt, welche gerade so ist, als wie es nach unserem Lehrbegriffe sein muß, die Schwäche des Lichtes, die eine vorausgesetzte unendliche Entfernung fordert, alles stimmt vollkommen überein, diese elliptischen Figuren für eben dergleichen Weltordnungen, um so zu reden, Milchstraßen zu halten, deren Verfassung wir eben entwickelt haben."

An dieser Stelle nun stoßen zwei Wege zusammen, in einer für den Forscher beglückendaufregenden Weise: Theorien, die bei dem Versuch, Geometrie und Physik zu vereinigen, zu Aussagen über mögliche Beobachtungen an diesen entferntesten Objekten gelangen, und Beobachtungen, die auf dem Boden der bisherigen Vorstellungen rätselhaft erscheinen und zunächst nur in die Form eines empirischen Gesetzes gekleidet werden können, vergleichbar den KEPLERschen Gesetzen der Planetenbewegung. Als DE SITTER gewisse in der allgemeinen Relativitätstheorie begriffene Möglichkeiten über die raum-zeitliche Struktur der Welt entwickelte, kam er zu dem Ergebnis, daß sich die Welt als Ganzes im Zustande einer allgemeinen Expansion befinden müsse. Und als man mit den lichtstärksten Instrumenten die Radialgeschwindigkeiten von Spiralnebeln bestimmte, fand man, daß die Bewegungen aller dieser fernen Milchstraßensysteme von uns weg gerichtet sind und daß die Geschwindigkeit dieser Bewegung um so größer ist, je schwächer, d. h. je weiter entfernt die beobachteten Objekte sind.

Das Schlagwort: „Die Welt gleicht einer platzenden Granate", wurde geboren und entfesselte Diskussionen weit über die Fachzeitschriften hinaus. Vom Standpunkt des nüchternen Wissenschaftlers aus ist die Lage so zu beurteilen: Was wir beobachten, sind zunächst Verschiebungen der Linien in den Spektren der Nebel gegenüber denen irdischer Lichtquellen, und diese Verschiebungen sind alle nach der langwelligen Seite gerichtet, sind „Rot"verschiebungen. Zwischen diesen Rotverschiebungen und den scheinbaren Helligkeiten der Nebel besteht ein gesetzmäßiger eindeutiger Zusammenhang. Innerhalb unserer gewohnten Vorstellungen deuten wir Linienverschiebungen solcher Art als von uns weg gerichtete Radialgeschwindigkeiten, während die scheinbaren Helligkeiten der Nebel uns ein Maß für ihre Entfernung darstellen. So kommt die Aussage zustande: *Alle außergalaktischen Sternsysteme bewegen sich von uns fort mit einer Geschwindigkeit, die ihrer Entfernung von uns proportional ist.*

Vergegenwärtigen wir uns, was eine solche Aussage bedeutet. Wir setzen COPPERNICUS an den Anfang einer Entwicklung, welche die Erde aus ihrer beherrschenden Stellung im Mittelpunkt der Welt entfernt und diesen Mittelpunkt stufenweise an andere Orte verlegt hat. Für COPPERNICUS und KEPLER war noch die Sonne Mittelpunkt der Fixsternsphäre. Die Folgezeit ließ die Sonne mit ihrem gesamten Anhang von Planeten, Monden und Kometen als Glied eines größeren Milchstraßensystems erkennen und faßte den Gedanken eines hierarchischen Aufbaus der Welt aus Systemen immer höherer Ordnung. Heute wissen wir: Unser Milchstraßensystem ist eines unter vielen Millionen gleichartiger Systeme, für einen Beobachter auf dem Andromedanebel etwa gerade so anzuschauen wie für uns dieser Nebel. Irgendwo in einem der peripheren Teile dieses Milchstraßensystems, weitab von seinem Mittelpunkt, den wir in die Richtung nach dem Sternbild des Schützen verlegen, ist der Ort der Sonne, die Millionen anderer Sonnen als ihresgleichen zählt. Um diese Sonne schwingt in einem Reigen recht verschiedener Geschwister unsere Erde, einem Sandkorn vergleichbar, an irgendeiner verlassenen Stelle des großen Weltmeeres.

Genau in dem Augenblick nun, wo wir bis zu diesem Bild der Welt vorgedrungen sind, erleben wir jene seltsame Umkehr des Weges, der bis dahin Vereinfachung der Beschreibung der Beobachtungen gebracht hat durch Verlegung des ruhenden Bezugspunktes weg von der Erde in den Mittelpunkt der Sonne, des Milchstraßensystems. Nun auf einmal ist die ganze Welt wieder nach uns aus-

gerichtet, *wir* sind der Mittelpunkt, von dem alles in radialer Richtung wegströmt. Ist es nicht fast selbstverständlich, daß wir nach einem Bilde der Welt suchen, das uns von dieser ausgezeichneten Stellung im Mittelpunkt der Welt wieder befreit? Daß wir in dieser allgemeinen Flucht der Dinge von uns weg irgend etwas Scheinbares sehen wollen, Ausdruck irgendeiner wahren, von der Zufälligkeit des irdischen Beobachters unabhängigen Eigenschaft der Welt? Und liegt es nicht nahe, daß wir als Grundlage für die Behandlung des so gestellten „kosmologischen Problems" die These versuchen: *„Jeder Beobachter in der Welt, auf welchem Nebel er auch sitzen möge, beobachtet von seinem Standpunkt aus die gleiche allgemeine Flucht aller anderen Nebel!"* Wir erinnern uns dabei der oben angeführten Äußerung von GAUSS, daß „der Raum auch außer unserem Geiste eine Realität hat, der wir a priori ihre Gesetze nicht vollständig vorschreiben können", und geben uns der Hoffnung hin, daß wir in dem empirisch gegebenen Zusammenhang zwischen Rotverschiebung und scheinbarer Helligkeit vielleicht einen Schlüssel finden, der neue Tore aufschließt auf dem Weg zu den Realitäten der „Welt".

Als die ersten Diskussionen über die „Ausdehnung der Welt" in Gang kamen, war eine Zeitlang die Meinung verbreitet, daß das „kosmologische Problem" untrennbar mit der allgemeinen Relativitätstheorie verknüpft sei, daß Lösungen überhaupt nur im Rahmen dieser Theorie möglich seien. Manche glaubten sogar, daß wir durch die Beobachtungen bereits auf eine ganz bestimmte Lösung festgelegt seien. Inzwischen ist eine wesentliche Auflockerung und Klärung eingetreten, die nur leider noch nicht den Weg in eine breitere Öffentlichkeit gefunden hat. Es sind theoretische Lösungsmöglichkeiten des kosmologischen Problems aufgedeckt worden, bei denen man weitgehend im Rahmen klassischer Vorstellungen bleiben kann, und man hat die im ersten Übereifer aus den Beobachtungen gezogenen Schlüsse auf ihr richtiges Maß zurückgeführt. Aus dieser Absteckung der Grenzen von Theorie und Beobachtung ergeben sich folgende Entscheidungen und Aufgaben.

Die Rotverschiebung der Nebelspektra ist eine Beobachtungstatsache; ebenso ihre gesetzmäßige Bindung an die scheinbare Helligkeit der Nebel. Wir haben die Wahl zwischen zwei verschiedenen Auffassungen. Entweder nehmen wir die Rotverschiebung in der uns sonst gewohnten Weise als Ausdruck einer „Radialgeschwindigkeit", die nach dem DOPPLERschen Prinzip berechnet werden kann und die für die schwächsten bisher gemessenen Nebel schon $^1/_7$ der Lichtgeschwindigkeit erreicht. Dann kommen wir zwangsläufig zu der Vorstellung einer allgemeinen Expansion, und es besteht wenigstens grundsätzlich die Möglichkeit, durch *Beobachtungen* zu entscheiden, welches der theoretisch möglichen Modelle für die Beschreibung der Welt am besten geeignet ist.

Oder aber wir lehnen die Deutung der Rotverschiebungen als reale Geschwindigkeiten ab und sehen in ihnen vielmehr Energieverluste, welche die Lichtquanten auf ihrer Wanderung durch Raum und Zeit erleiden. Dann stehen wir vor einem völlig neuen Naturgesetz; denn die bisherige physikalische Theorie des Lichtes bietet keine Möglichkeit, einen solchen Energieverlust, ein solches „Altern" der Lichtquanten, wie man es genannt hat, zu erklären.

In jedem Fall also müssen wir uns unter dem Druck der Beobachtungen dazu entschließen, etwas von dem Alten aufzugeben und durch grundsätzlich Neues zu ersetzen. Vorläufig reichen nur die Beobachtungen noch nicht so weit, daß wir die Richtung schon entscheiden könnten, in der die Lösung gesucht werden muß. Der amerikanische Astronom HUBBLE, dem wir wesentliche Beiträge zu diesen Fragen verdanken, schließt sein Buch über „Das Reich der Nebel" mit den Sätzen:

„Thus the explorations of space end on a note of uncertainty. And necessarily so. We are, by definition, in the very center of the observable region. We know our immediate neighborhood rather intimately. With increasing distance, our knowledge fades, and fades rapidly. Eventually, we reach the dim boundary — the utmost limits of our telescopes. There, we measure shadows, and we search among ghostly errors of measurement for landmarks that are scarcely more substantial.

The search will continue. Not until the empirical resources are exhausted, need we pass on to the dreamy realms of speculation."

KANT hat versucht, seine „Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels" so aufzubauen, daß er aus einem Chaos unter Einwirkung nur mechanischer Kräfte das Weltsystem sich entwickeln läßt, in der ganzen Mannigfaltigkeit der Erscheinungen und in seiner wundervollen Harmonie. LAPLACE hat sich dem Verlangen nach einer Beantwortung der Frage, wie denn das Planetensystem entstanden sei, nicht entziehen können und darum einer späteren Auflage seiner „Exposition du système du monde" einen kosmogonischen Anhang beigefügt. Diesen ersten Weltentstehungstheorien folgten ungezählte andere, jede die Schwächen ihrer Vorgänger aufzeigend, und doch noch heute kaum eine, die allgemeine Anerkennung gefunden hätte. Kosmogonie, insbesondere die Geschichte der Entwicklung des Planetensystems, ist wissenschaftliches Glatteis, auf das der seiner ganzen Verantwortung sich bewußte Forscher sich nur ungern begibt. Aber in dem Maße, in dem durch das Eindringen neuer physikalischer Gedanken in die Astronomie sich neue Möglichkeiten auftaten, die Frage zu beantworten, was denn ein Stern, physikalisch und chemisch gesehen, überhaupt sei, stieg der Anreiz, auch die Beantwortung der anderen Frage zu versuchen, wie ein Stern werde und vergehe. Hier

schälte sich dann sehr bald eine ganz spezielle Frage heraus, die zum Angelpunkt aller neueren Untersuchungen über den inneren Aufbau und die Entwicklung der Sterne wurde: *die Frage nach den Energiequellen, aus denen die Sterne ihre Ausstrahlung decken.*

Geologische und paläontologische Befunde zwingen zu der Annahme eines Alters der Erde von mindestens einigen Milliarden Jahre. Während dieser ganzen Zeit muß die Sonne mit annähernd der gleichen Kraft gestrahlt haben wie heute. Leistungen von solchem Ausmaß können nicht gedeckt werden durch Energien, wie sie die gewöhnlichen Verbrennungsprozesse liefern; eine Sonne aus bester Steinkohle wäre in wenigen tausend Jahren völlig verbrannt. Auch die durch den Aufsturz von Meteoren erzeugte Wärme, an die JULIUS ROBERT MAYER dachte, oder die durch Kontraktion freiwerdenden Energien der Schwere, die HELMHOLTZ berechnete, vermögen nur für eine verschwindend kurze Zeit, gemessen an der geologischen Skala, den Bedarf dieses kosmischen Kraftwerkes zu decken. Selbst die um die Jahrhundertwende entdeckten Energiequellen des radioaktiven Zerfalls erwiesen sich noch um Größenordnungen zu klein. Aber sie leiten über zu den physikalischen Vorgängen, deren theoretische und experimentelle Beherrschung unserer Zeit vorbehalten blieb, und die endlich brauchbare Lösungen für kosmogonische Fragen darbieten. Als es den Physikern gelang, die Atome zu zertrümmern, stellten sie den Astronomen endlich Energiequellen zur Verfügung, aus denen die Sterne für Milliarden von Jahren schöpfen können.

Die Grundlage aller Überlegungen in dieser Richtung ist die Erkenntnis, daß Masse und Energie äquivalent sind, gekoppelt durch die Gleichung: Masse mal Quadrat der Lichtgeschwindigkeit = Energie. Die in der Anwendung dieser Gleichung liegenden, zunächst rein theoretischen Möglichkeiten griffen die Astronomen auf. Wenn es der Sonne und den Sternen möglich ist, den Energievorrat nutzbar zu machen, den ihre Masse verkörpert, und wenn ein auch nur eben merkbarer Bruchteil der Masse in Strahlung umgewandelt werden kann, dann wird die untere Grenze des Sternalters so weit hinaufgerückt, daß von geologischer Seite keine Bedenken mehr erhoben werden können gegen die kosmogonische Zeitskala. Um zu bestimmten Aussagen über den zeitlichen Ablauf der Sternentwicklung zu gelangen, genügt allerdings die Aufdeckung wirksamer physikalischer Prozesse der Energieerzeugung allein noch nicht; es muß hinzugenommen werden ein empirisch gefundenes, durch die Theorie des inneren Aufbaus der Sterne begründetes Gesetz, das *„Masse-Leuchtkraft-Gesetz"*, das einen Zusammenhang herstellt zwischen der Masse eines Sternes und seiner jeweiligen Ausstrahlung. Solange die Masse annähernd konstant bleibt, gilt dies auch für die Leuchtkraft; nimmt die Masse ab, dann sinkt auch die Ausstrahlung.

Die Größe der kosmogonischen Zeitskala hängt daher ganz wesentlich davon ab, ob bei den in Frage kommenden Energieerzeugungsprozessen nur kleine Bruchteile der Gesamtmasse des Sternes ins Spiel kommen oder ob im Laufe der Entwicklung die Masse merklich abnimmt, der Stern vielleicht sogar seine Masse ganz „zerstrahlt". Je nachdem, ob man sich für die eine oder die andere Annahme entscheidet, kommt man zu einer „kurzen" oder „langen" Zeitskala. Und wieder ist wichtig darauf hinzuweisen, daß auch hier zur Zeit noch eine weitgehend freie Wahl vorliegt, da wir, entgegen einem noch sehr verbreiteten Irrtum, *keine auf Beobachtungen gegründete Entscheidung treffen können, ob die Entwicklung mit oder ohne merkliche Massenabgabe erfolgt.* Wir müssen vielmehr diese Entscheidung vorwegnehmen und können sie nur als kosmogonisches Postulat einführen, nicht als astronomische Erfahrungstatsache. Dann aber ergibt sich eine Lage, die merkwürdige Parallelen aufweist zu den oben angestellten Betrachtungen über die möglichen Modelle der Welt.

Beschränken wir uns auf die Prozesse des Auf- und Abbaues der Atome, die die Physik seit ungefähr einem Jahrzehnt in fortschreitendem Maße beherrschen gelernt hat, dann stehen nur die Energiebeträge zur Verfügung, die durch die „Massendefekte" geliefert werden. Dann kann ein Stern im Laufe seiner Entwicklung nur etwa 1% seiner Masse in Strahlung umsetzen, und wir kommen zu einer kosmogonischen Zeitskala, in der unserer Sonne ein Alter von der Größenordnung 1—10 Milliarden Jahre zugesprochen werden kann.

Erachtet man aus irgendwelchen Gründen dieses Alter für zu gering, dann muß man zu hypothetischen physikalischen Prozessen seine Zuflucht nehmen, bei denen Materie als solche wirklich verschwindet und, umgewandelt in Licht, in den Raum hinausstrahlt. Noch stehen uns keine durch Beobachtungen oder irdische Experimente genügend sicher begründeten Argumente für die zweite Alternative zur Verfügung. Noch ist die gegenseitige Umwandelbarkeit von Materie und Strahlung nur eine theoretisch-spekulative Möglichkeit. Aber die Erfolge der Atomphysik, die wir selbst unmittelbar miterleben durften und dürfen, lassen hoffen, daß auch hier die Grenze eines Tages um ein Stück weiter hinausgeschoben werden kann; ebenso wie wir damit rechnen, daß die Beobachtungen mit dem neuen, größten Spiegelteleskop, das in Kalifornien gerade aufgestellt wird, eine Entscheidung zwischen den möglichen Modellen der Welt herbeiführen werden.

Vor kurzem äußerte einmal ein befreundeter Kollege im Zusammenhang mit den Diskussionen über die Expansion der Welt: „Die Entscheidung für eine offene oder geschlossene Welt scheint heute mehr eine Frage des Temperaments zu sein; vielleicht sogar des politischen Temperaments." Mag sein, daß der eine sich wohler fühlt in der

Abgeschlossenheit einer begrenzten Welt, während das metaphysische Bedürfnis des anderen nach der Weite eines unendlichen Raumes verlangt. Hüten wir uns aber, Entscheidungen vorwegzunehmen da, wo sie durch exakte Forschung erzwungen werden können, wenn nicht heute, so doch in einer nicht allzu fernen Zukunft! In der Vorrede des COPPERNICUS findet sich dieses Bekenntnis:

„Obgleich ich weiß, daß die Einsicht der Philosophen dem Urteil der Menge entzogen ist, . . . so halte ich doch dafür, daß man Meinungen, die von der Richtigkeit ganz entfernt sind, vermeiden müsse." Danach wird jeder Naturforscher handeln, dem Theorie und Spekulation nicht Selbstzweck sind. Die immer zur Kritik Bereiten aber wehrt COPPERNICUS ab mit den Worten:

„Wenn aber die Schwätzer kommen, die, obgleich in allen mathematischen Wissenschaften unwissend, dennoch sich ein Urteil darüber anmaßen und es wagen sollten, wegen einer Stelle der Schrift, die sie zugunsten ihrer Hypothesen übel verdreht haben, dieses mein Werk zu tadeln oder anzugreifen: aus denen mache ich mir nichts, und zwar so sehr nichts, daß ich sogar ihr Urteil als ein dummdreistes verachte . . . Mathematische Dinge werden für Mathematiker geschrieben."

Ich darf dem hinzufügen ein persönliches Bekenntnis zu dem, was nach meiner Meinung echte Naturforschung ist und soll:

Der wahre Naturforscher kämpft nicht für Dogmen und sucht andere nicht zu bekehren, sondern zu überzeugen. Er kennt nur ehrfürchtiges Sich-Bescheiden vor der Größe der Natur, die ihn selbst mit umschließt, und ist dankbar dem Schicksal und der menschlichen Gemeinschaft, die es ihm ermöglichen, an seinem Teil diesem ewig unstillbaren Verlangen des Menschengeistes nachzugeben, immer wieder einen kleinen Zipfel von dem Schleier zu heben, der die Geheimnisse der Natur verhüllt, um vor neuen Geheimnissen in neuem Begehren zu stehen. Und für sein Schaffen gibt es nur diesen Maßstab: Ehrlichkeit gegenüber seiner Aufgabe, Treue gegen sich selbst und gegen sein Volk, dem er stets sein Bestes geben wird.

Neuere genetische Untersuchungen an *Drosophila* in ihrer Bedeutung für das Abstammungsproblem.

Von GEORG GOTTSCHEWSKI, Berlin-Dahlem.

(Schluß[1].)

Teil II.

Mechanismen, die zu einer Differenzierung in verschiedene Individuengruppen innerhalb einer Art führen.

Der Versuch, die Mannigfaltigkeit der Formen in eine experimentell prüfbare gesetzmäßige Ordnung zu überführen, macht uns immer wieder mit der Tatsache bekannt, daß innerhalb der natürlichen Einheit, der Art, ein ständiges Fließen und sich Absondern in Individuengruppen besteht. Es sind *Prozesse, die zu einer Bildung von Kleinpopulationen führen.* Die Ergebnisse, die die *Drosophila*-Forschung an anderen Arten als *D. ps. A, B* und *D. mir.* gesammelt hat, sind umfassender; aber auch die Experimente an *D. ps.* lassen einige der treibenden Kräfte erkennen, die zu einer Aufsplitterung einer ursprünglich einheitlichen Population führen.

A. Gen- und Chromosomenmutationen des III. Chromosoms von D. pseudoobscura.

Die Frage der Bedeutung der Mutationen für die Artbildung ist vielfach diskutiert worden. Der Stand unseres Wissens über die als Faktoren- oder Chromosomenmutationen unterschiedenen zufälligen und richtungslosen Veränderungen des Erbgutes erlaubt heute die Aussage, daß *das ungeordnete Material der Evolution die Mutationen im weitesten Sinne* sind.

a) Genmutationen.

Die Untersuchungen von STURTEVANT (1937b) und DOBZHANSKY und QUEAL (1938b) zeigen deutlich, wie unrichtig der sich nur auf phänotypische Beobachtungen stützende Schluß ist, daß in den Wildpopulationen alle Individuen derselben Art, falls sie denselben Lebensraum besiedeln, gleich sind. Während STURTEVANT verschieden lang ingezüchtete Laboratoriums- und in keinem geographischen Zusammenhang stehende Wildstämme experimentell auf das Vorkommen von Letalfaktoren untersuchte, beschränkte sich die Untersuchung von DOBZHANSKY und QUEAL auf 11 Wildpopulationen, aus den die großen westamerikanischen Wüsten einschließenden Gebirgszügen. Die einzelnen Lebensräume sind durch die Wüstenregionen scharf voneinander isoliert. Wir haben hier, wie DOBZHANSKY es beschreibt, „eine Serie von Inseln in dem Meere der Wüste". Die Gleichartigkeit aller Ergebnisse erlaubt eine einheitliche Besprechung. Falls wir nur die Genmutationen des III. Chromosoms werten, so stellt es sich heraus, daß mehr als 50% dieser Chromosomen in jeder der Wildpopulationen rezessive Mutationen enthalten. *Das bedeutet, daß jedes Einzelwesen heterozygot für mindestens eine Erbabänderung ist.* Insgesamt verteilen sich die genetischen Abänderungen des III. Chromosoms in den 11 untersuchten Populationen folgendermaßen: 11,9% letal- und 3,1% semiletal-Faktoren; 39% beträgt die Anzahl von Genmutationen, die eine unter den untersuchten Bedingungen geringe Herabsetzung der Lebenstüchtigkeit hervorrufen; 2% der untersuchten III. Chromosomen tragen Erbfaktoren, die die Vitalität steigern, und in 3,5% der Chromosomen sind gewöhnliche Merkmalsmutationen aufgetreten (Augen- und Körperfarbe, Flügel- und Körper-

[1] Vgl. Heft 35, S. 585.

form usw.). Nicht näher analysierte erbliche Abänderungen der Fertilität, Lebenslänge und Entwicklungsdauer waren ebenfalls in diesem Material zu finden. Keineswegs sind die in den verschiedenen Populationen gefundenen Mutationen identisch: Nach STURTEVANT war zu jedem der in den Wildstämmen gefundenen Letalfaktoren des III. Chromosoms nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 1,3% ein alleler Letalfaktor vorhanden.

b) Chromosomenmutationen.

Genetische Untersuchungen zeigten, daß sich die *A*-Stämme untereinander durch verschiedene Genanordnungen des III. Chromosoms unterschieden, ebenso die *B*-Stämme untereinander. Die Speicheldrüsentechnik erlaubte es nun, diese Unterschiede und viele andere Genanordnungen zu untersuchen und ihre genaue Lage zu bestimmen. 18 verschiedene Genanordnungen des III. Chromosoms sind bisher beschrieben worden. In dem Experiment von DOBZHANSKY und QUEAL (1938a) waren in den 11 untersuchten Populationen in jeder 3 verschiedene Erbfaktorenanordnungen des III. Chromosoms zu finden: *„Standard, Arrowhead* und *Chiricahua"*. Es konnte eindeutig gezeigt werden, daß *jede Population einen charakteristischen Häufigkeitswert* der genannten 3 Genanordnungen hat. Dabei ließen sich *keine Anzeichen finden, daß geographisch benachbarte Populationsinseln einander ähnlicher sind als getrennte*. Auch ließen sich keine Korrelationen feststellen zwischen diesen verschiedenen Genanordnungen und individuellen ökologischen, physiologischen oder morphologischen Eigentümlichkeiten der Populationen.

Welcher Art sind die historischen Prozesse gewesen, die zu der bestehenden Differenzierung dieser Wildpopulationen führten? Die Annahme, daß in jeder dieser Populationen unabhängig eine *„Standard"*-Ausgangsanordnung in die *„Arrowhead"* oder *„Chiricahua"* Genanordnung transformiert wurde, ist aus Gründen der zufälligen Bruchwahrscheinlichkeit unmöglich. Es bleibt anscheinend dann nur noch die Erklärung einer Migration zwischen diesen Inseln übrig. Aber auch diese Erklärung versagt, weil der Experimentalbefund der zufälligen Häufigkeitsverteilung dagegen spricht. Damit bleibt nur noch die Erklärung übrig, daß eine *ursprünglich einheitliche Population die ganze Gegend bewohnte, die die drei obengenannten Inversionen schon enthielt*; und daß nach der mechanischen Aufsplitterung in Inselpopulationen die proportionale Häufigkeit der Genanordnungen den Zufallsgesetzen ausgesetzt war, — eine Forderung, die von WRIGHT für „Kleinpopulationen" gestellt wird. Dann müßte aber innerhalb einer jeden natürlichen „Kleinpopulation" eine Panmixie herrschen, und es dürften sich hier keine Anzeichen finden lassen, daß getrennte Paarungsgemeinschaften bestehen, die jede für sich für die Häufigkeit einer bestimmten Genanordnung verantwortlich sind. Das Experiment bestätigt diese Voraussage. Im Gange befindliche Untersuchungen über die Populationsgröße und eine Wiederholung der Bestandsaufnahmen der Chromosomenmutationen dieser Inselpopulationen sollten die historischen Vorgänge, die zu der Differenzierung dieser „Kleinpopulationen" führten, aufzeigen.

Das wichtigste Resultat dieser Arbeiten ist der Experimentalbefund, daß *derselbe Mechanismus „Mutation" den verschiedenen Populationen einen Vorrat neuer Merkmale verschafft, die die für eine Evolution notwendige Plastizität gewährleisten. Und daß es in erster Linie Zufallsgesetze sind, die in den „Kleinpopulationen" über das Erhaltenbleiben dieser neuen Erbabänderungen entscheiden.*

B. Differenzierung in Individuengruppen mit morphologisch verschiedenen Chromosomengarnituren.

a) Geographische Verbreitung der verschiedenen Y-Chromosomentypen.

In dem folgenden Beispiel ist zu sehen, wie morphologische Strukturunterschiede eines Chromosoms (*Y*) (vgl. Fig. 8) sowohl bei *D. ps. A*, wie

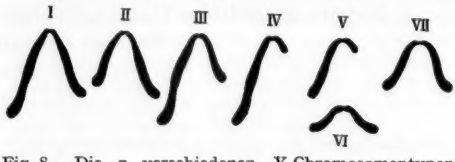


Fig. 8. Die 7 verschiedenen *Y*-Chromosomentypen bei *Drosophila pseudoobscura A* und *B*. (Nach DOBZHANSKY.)

bei *B* Hand in Hand mit einer geographischen Isolation gehen (vgl. Fig. 9a).

Der Typ I ist morphologisch identisch bei *A* und *B*. Die geographische Verbreitung dieses Typs bei *A* und in *B* ist aber grundverschieden. *Y-B*-I ist im ganzen von *B* bewohnten Areal zu finden; *Y-A*-I kommt überhaupt nicht in diesem Gebiet vor. Nur Populationen in *Mexiko* und an der Südgrenze von *Arizona* enthalten diesen Typ. Typ II, der bisher nur bei *B* gefunden ist, kommt nur am *Puget Sound* vor; Typ III, wiederum nur bei *B*, ist endemisch für das südliche Verbreitungsgebiet von *D. ps. B*. Die Typen IV—VII sind charakteristisch für *D. ps. A*. Allgemein haben die westlichen *A*-Populationen den Typ IV, die östlichen V—VI. Die Überschneidungsgebiete haben jeweils nur eine geringe Breite.

b) Y-Chromosom und „starke" bzw. „schwache" Rassen.

DOBZHANSKY und BOCHE (1933) und DOBZHANSKY (1934) haben Untersuchungen über die „Stärke" der verschiedenen *A*- und *B*-Rassen veröffentlicht. Wenn man z. B. Weibchen verschiedener *A*-Rassen mit Männchen derselben *B*-Rasse kreuzt, dann nennt man diejenige *A*-Rasse die stärkste, bei deren Söhnen die stärksten Abänderungen in der Spermatogenese sowie der

Hodenstruktur und -größe auftreten. In der Verbreitung der „starken" und „schwachen" *A*- bzw. *B*-Rassen zeigt sich eine gewisse Regelmäßigkeit. Die Stärke der *A*-Rassen steigt in der Richtung Nordwest—Südost an, die der *B*-Rassen umgekehrt von Süden nach Norden. Die einzelnen Stämme, die in übergreifenden oder gar identischen Räumen leben, variieren in ihrem Stärkegrad. Schon ein oberflächlicher Vergleich der geographischen Verbreitung der *Y*-Chromosomentypen und

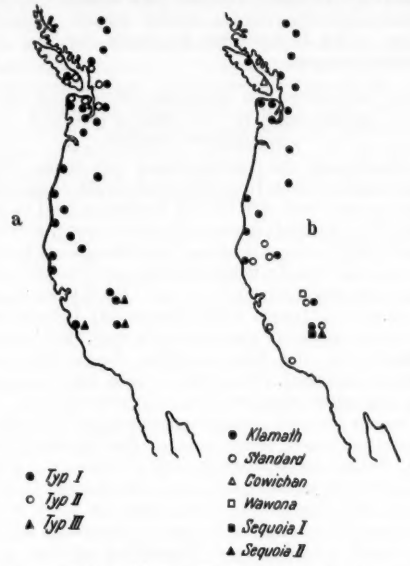


Fig. 9. Geographische Verbreitung a) der drei *Y*-*B*-Typen und b) der verschiedenen *B*-Genanordnungen. (Nach DOBZHANSKY und DOBZHANSKY-STURTEVANT.)

der „starken" bzw. „schwachen" Rassen zeigt, daß die ursprüngliche Annahme von DOBZHANSKY und KOLLER (1934), daß eine Beziehung zwischen beiden besteht, nicht mehr aufrechtzuerhalten ist.

c) Y-Chromosom und Geschlechtsverhältnis.

STURTEVANT (1937a) berichtet von einer Korrelation zwischen *Y*-Chromosomentyp und bestimmten Störungen des Geschlechtsverhältnisses in der Nachkommenschaft von *A*/*B*-*F*1-Bastard-♀♀ × ♂♂ der verschiedenen *A*- bzw. *B*-Rassen. Kreuzungsanalysen zeigten, daß bei einer Paarung der gleichen *A*/*B*-Bastard-♀♀ mit ♂♂ verschiedener Rassen das Verhältnis von ♀♀ : ♂♂ variiert. STURTEVANT nannte die Männchen der Stämme, die eine relativ hohe *F*2-♂♂-Zahl ergaben, „high", solche mit einer niedrigen „low". Wurde „high" mit „low" gekreuzt und die *F*1-♂♂ wieder mit obigen *A*/*B*-Bastard-♀♀ rückgekreuzt, so ergab sich das überraschende Resultat, daß die Eigenschaft „high" oder „low" an das *Y*-Chromosom gebunden war. GOTTSCHEWSKI (unveröffentlicht) konnte in einem Versuch, in dem die Ei-, Larven-, Puppen- und Schlüpfrate kontrolliert wurde, zeigen, daß der Unterschied im ♂♂-%-Verhältnis auf eine erhöhte *F*2-♂♂-Sterblichkeit im Larvenstadium zurückzuführen war (vgl. Tabelle 1). Ein erhöhtes Absterben männlicher Zygoten war nach den Resultaten von STURTEVANT zu fordern, da die *F*2-♂♂ das „high"- oder „low"-Y-Chromosom vom Vater erhielten. Vorläufige Untersuchungen machen es wahrscheinlich, daß die extremen „low"-Stämme alle vom Typ I sind.

Alle Versuche, die Differenzierung in solche Individuengruppen, welche morphologisch verschiedene *Y*-Chromosomen besitzen, mit einem der in Teil I erwähnten Isolationsmechanismen in Verbindung zu bringen, schlugen fehl. Abschließend läßt sich hier feststellen, daß aus bisher unbekannten Gründen morphologische Unterschiede des *Y*-Chromosoms einen „Rassen"-Bildungswert haben. Die Vermutung, daß im *D. ps.*-*Y*-Chromosom, wie in dem von *D. melanogaster*, Fertilitätsgene liegen, die für dieses Verhalten verantwortlich sind, ist naheliegend, aber bisher unbewiesen.

C. Das „*sex-ratio*"-Gen.

STURTEVANT und DOBZHANSKY (1936a) beschrieben bei *D. ps.* Stämme, die einen im X-Chromosom liegenden Faktor enthielten, der die ♂♂ derart beeinflußte, daß sie bei einer Kreuzung mit beliebigen ♀♀ nur weibliche Nachkommen hervorbrachten. Dieser Faktor tritt zusammen mit einer Inversion im rechten Schenkel des *X* (*X R*) auf; trotzdem ist die Annahme eines Positionseffektes nicht zulässig, weil u. a. die bei *B* den „*sex-ratio*"-Faktor begleitende Inversion bei *D. ps. A* als normale Genanordnung ohne „*sex-ratio*"-Effekt vorkommt. Während die genetische Analyse dieses Faktors noch nicht abgeschlossen ist (wahrscheinlich ist er polygen bedingt), brachte dagegen die

Tabelle 1.

A/*B* ♀♀	F_2-♂♂ *Y*-Typ	Anzahl der Eier = N	Eisterblichkeit % von N	Larvensterblichkeit % von N	Schlüpfrate ♀♀ + ♂♂ = S % von N	♂♂ % von N	♀♀ % von N	♂♂ % von S
a) S_6 ♂♂	I	5720	33,3 ± 0,65	51,1 ± 0,71	15,6 ± 0,5	3,2 ± 0,25	12,4 ± 0,47	20,6 ± 1,28
b) T_x ♀♀	V	11165	35,9 ± 0,46	45,5 ± 0,5	18,6 ± 0,39	6,9 ± 0,26	11,7 ± 0,32	37,1 ± 1,0
Differenz zwischen I und V			−2,6 ± 0,72 D/M = 3,7	+5,6 ± 0,86 D/M = 6,6	−3,0 ± 0,64 D/M = 4,6	−3,7 ± 0,3 D/M = 12,4	+0,7 ± 0,58 D/M = 1,2	−16,5 ± 1,64 D/M = 10,1
			+ 3,0%			− 3,0%		

zytologische die Aufklärung dieses sonderbaren Verhaltens (F_1 2 ♀♀ : 0 ♂ und nicht 1 ♀ : 1 ♂). In den Spermatogonien erfährt auf Grund dieses Faktors das *X*-Chromosom eine zweimalige Längsspaltung (normalerweise nur eine). Das *Y*-Chromosom wird zudem während der Reifeteilungen eliminiert, so daß schließlich alle Spermatozoen ein *X* enthalten und nicht abwechselnd ein *X* und ein *Y*. Für unsere Betrachtungen sind die sich daraus ergebenden populationsgenetischen Gesichtspunkte von Interesse. Wie verhält sich eine Population, die diesen Faktor enthält? Eine Überlegung zeigt, daß, falls die Verbreitung dieses Faktors nur durch Mechanismen des Zufalles gesteuert wird, entweder dieses Gen verloren gehen wird, oder daß es zu einer Ausrottung der dieses Gen enthaltenden Population kommen muß, da ♀♀, mit „*sex-ratio*"-♂♂ gekreuzt, nur Töchter hervorbringen. Diese theoretische Erwartung wird in den Wildpopulationen nicht realisiert. Über die Mechanismen, die einem Überhandnehmen dieses Gens entgegenwirken, liegen bisher keine Experimentalbeobachtungen vor, die uns eine Aufklärung geben könnten. Eine vorläufige Übersicht über die Zusammensetzung der Populationen zu den verschiedenen Jahreszeiten zeigt folgendes: Zum Beginn eines jeden Jahreszyklus ist verhältnismäßig der Anteil von „*sex-ratio*"-Faktoren in einer Population am höchsten, gegen Ende am niedrigsten. Falls sich dieses bestätigen läßt, ist der Erhaltungswert dieses Gens offensichtlich.

In bezug auf die geographische Verbreitung des „*sex-ratio*"-Faktors ist es auffällig, daß in den östlichen und nördlichen Randgebieten keine Population mit einem „*sex-ratio*"-Gen gefunden ist. Im Restgebiet findet man, daß, je höher (∞ 2300 m und darüber) der Verbreitungsraum einer Population liegt, desto geringer die Häufigkeit des „*sex-ratio*"-Faktors ist.

D. Differenzierung in Individuengruppen mit verschiedenen Genanordnungen.

Je genauer die Wildpopulationen einzelner Formen untersucht werden, desto mehr häufen sich die Beweise, daß Stämme verschiedener geographischer Herkunft sich ständig in bestimmten Genanordnungen unterscheiden. Welche populationsgenetische Bedeutung kommt nun diesem Verschiedensein in der linearen Genanordnung zu? Hat z. B. das eine Chromosom die Genfolge A.BCDE.FGH und ist in seinem Partner durch eine Umlagerung (Inversion), deren Bruchpunkte zwischen A und B bzw. E und F liegen, die Folge AEDCBFGH entstanden, so wird der freie Erbfaktorenaustausch in diesem invertierten Abschnitt und den angrenzenden Regionen verhindert. Diese Verhinderung des Genaustausches müßte anscheinend einen starken negativen Selektionswert haben; denn gerade der Austausch zwischen dem einen von der Mutter und dem von dem Vater überkommenen Erbfaktorensatz scheint die Plastizität der lebenden Formen, ihre Fähigkeit zur Anpassung an die sich ändernde Umwelt durch die Möglichkeit von Neukombinationen zu gewährleisten. Durch den Faktorenaustausch kann die *Schaffung* neuer Gleichgewichtssysteme mit neuen, evtl. günstigeren Kombinationstypen erfolgen, deren einzelne, indifferenten Komponenten unabhängig voneinander in den Elterformen entstanden waren. Der freie Faktorenaustausch hat aber auch einen negativen Selektionswert. Er *verhindert die Erhaltung* eines neuentstandenen Gleichgewichtes zwischen Umwelt und Lebewesen. Die neuen Systeme würden immer wieder zerfallen, wenn nicht Isolationsmechanismen für ihre Erhaltung sorgen.

a) Inversionen als Isolationsfaktoren und als Mechanismen für die Bildung genetisch verschiedener Gruppen.

Falls sich die Verhinderung des freien Genaustausches durch Inversionen als ein Mechanismus durchsetzen soll, der für die Isolierung und damit das Erhaltenbleiben neuer Systeme sorgt, so muß dieser Wirkung ein positiver Erhaltungswert korreliert sein. Die Untersuchungen von STURTEVANT und DOBZHANSKY (1936a) und DOBZHANSKY und STURTEVANT (1938) zeigen folgendes: Individuen, die heterozygot für eine Inversion sind, sind lebensfähiger als die homozygoten Ausgangsformen (Heterosiseffekt). Theoretisch wäre dieses Ergebnis folgendermaßen erklärbar: Genmutationen, die in einem für eine Inversion heterozygoten Individuum entstehen, werden wegen der Verhinderung des Faktorenaustausches isoliert bleiben. Falls nun in der Population die Konzentration der Individuen mit identischen Inversionen so hoch wird, daß auch Homozygote entstehen, so haben wir es jetzt mit 2 Linien einer Population zu tun, von denen jede in sich einen freien Austausch ihres Erbmaterials zeigt, während ein Austausch des betreffenden Erbmaterials zwischen beiden bei einer Kreuzung durch die Anwesenheit des invertierten Abschnittes verhindert wird. Damit ist es unvermeidlich, daß sich im Laufe der Zeit 2 Individuengruppen herausbilden, deren Erbfaktorengehalt ein verschiedener ist. Es ist aber auch verständlich, daß diese beiden Linien homozygot für nachteilige Mutationen sind, da die Mutationshäufigkeit in beiden Individuengruppen dieselbe und die Mehrzahl der Mutationen für den Organismus schädlich ist. Nach den in Abschnitt A erwähnten Ergebnissen kann man damit rechnen, daß mehr als 50% der III. Chromosomen in Wildpopulationen Träger rezessiver Genmutationen sind. Damit wäre der Heterosiseffekt erklärbar, da heterozygote Individuen nur in den seltensten Fällen homozygot für „nachteilige" Gene sind. In Übereinstimmung mit diesen Überlegungen sind die tatsächlichen Befunde. Wildpopulationen enthalten in hohen Konzentrationen Inversionen. Für Inversionen heterozygote Individuen sind lebenstüchtiger als homozygote. Es besteht also ein Gleichgewicht zwischen der freien Rekombination und der Be-

schränkung derselben durch Inversionen. Dieses könnte auch einen anderen Experimentalbefund bei *D. ps.* verständlich machen: 18 in hohen Konzentrationen auftretenden verschiedenen Inversionen des III. Autosoms stehen nur die vier *A* und *B* unterscheidenden Inversionen des *X*-Chromosoms, sechs Inversionen des II., die nur in geringen Konzentrationen anzutreffen sind, und eine nur in wenigen Individuen gefundene Inversion des IV. Chromosoms gegenüber. Die Erklärung hierfür wäre folgende: Entsteht in einem Chromosom eine Inversion und hat sich zwischen den gegeneinander wirkenden Mechanismen (freier Faktorenaustausch — Verhinderung des Faktorenaustausches) ein Gleichgewicht innerhalb der Population herausgebildet, so werden weitere Inversionen desselben Chromosoms an diesem Zustand nichts ändern. Inversionen, die in einem anderen Chromosom neu dazu kommen, werden aber die Balance zuungunsten der freien Rekombination verändern.

Schließlich ist nur noch die Frage zu klären, inwieweit die Experimentalbefunde zeigen, daß Individuengruppen, die sich durch Inversionen unterscheiden, auch wirklich einen verschiedenen Erbfaktorengehalt besitzen. Wiederum geben die obenerwähnten Arbeiten eine Antwort. Eine Anreicherung von verschiedenen Letal- und Semiletalfaktoren, Vitalitäts- und Modifikationsfaktoren und schließlich von rezessiven Erbfaktoren morphologischer und physiologischer Merkmale war zu beobachten. Zudem konnte gezeigt werden, daß die verschiedene Lebensräume bewohnenden Individuengruppen eine verschiedene sexuelle Isolation gegenüber *D. miranda* zeigen. Auch dieser Befund kann nur auf eine genetische Verschiedenheit der verschiedenen „Rassen" zurückgeführt werden.

b) Geographische Verbreitung der verschiedenen Inversionstypen bei D. pseudoobscura A und B.

Die Annahme, daß die Inversionen zu einer Differenzierung in verschieden angepaßte Populationen führen, wird durch die Experimente von DOBZHANSKY und STURTEVANT (1938) bestätigt. Jede Genanordnung hat ihren umgrenzten Lebensraum. Einige kommen gemeinsam in relativ großen Besiedlungsgebieten vor; aber keine ist über den Gesamtverbreitungsraum der Art hinweg zu finden. Bei *D. ps. B* (vgl. Fig. 9b) ist die „*Standard*"-Inversion nur in Mittel- und Süd-*Californien* zu finden. Die Konzentration fällt von Süden nach Norden ab. „*Klamath*" ist die meistverbreitete Genanordnung in *B*. Im südwestlichen Raum ist sie aber überhaupt nicht und im südöstlichen nur vereinzelt zu finden. Alle restlichen sind endemisch für einzelne Bezirke. In der Fig. 9 ist die „*Whitney*"-Inversion nicht eingetragen. Wie schon ihr Name sagt, ist sie nur in den „*Whitney*"-Populationen zu finden.

Bei *D. ps. A* ist die „*Arrowhead*"-Genanordnung die häufigste; aber auch sie ist nicht im ganzen *A*-Raum zu finden. Südlich der Vereinigten Staaten fehlt sie ganz. Die „*Standard*"-Inversion kommt nirgends alleine vor. Im Siedlungsgebiet der Pazifischen Küste ist ihre Konzentration am höchsten. Nicht gefunden wurde sie in *Wyoming, Dakota, Colorado* und *Mexiko*. Die „*Pikes Peak*"-Anordnung ist nur in den östlichen *Rocky Mountains* mit zwei Ausläufern in Zentral-*Texas* und Süd-*Arizona* zu finden. In dem südlichen Verbreitungsraum von *D. pseudoobscura A* ist die „*Chiricahua*"-Inversion häufig. Von Süd-*Nevada*, -*Utah* und -*Californien* breitet sie sich nach *Mexiko* aus. In einer sichelförmigen Anordnung kommt die „*Santa Cruz*"-Inversion vor. Ihr Verbreitungsschwerpunkt liegt auf der südlich von *Santa Barbara* liegenden Inselgruppe. Die nördliche Spitze zieht sich von der zentralen *Sierra Nevada* zur *Monterry*-Halbinsel und ihre südliche ist in Süd- und Nieder-*Californien* zu finden. Interessant ist das Siedlungsgebiet der „*Tree-Line*"-Inversion. In drei geographisch weit voneinander getrennten Regionen finden wir sie: In den *Rocky Mountains* des Staates *Colorado*, in Süd-*Californien* und in *Mexiko*. Die restlichen sind wiederum typisch für einzelne Populationszentren.

Fassen wir die Ergebnisse zusammen, so können wir aussagen, daß die obigen Hypothesen — 1. daß ein Gleichgewicht besteht zwischen freiem Faktorenaustausch und seiner Verhinderung, und 2. daß Inversionen die Differenzierung in genetisch verschiedene Populationsgruppen erzwingen —, mehr sind als eine theoretische Spekulation. Die Voraussagen, die sich machen ließen, hat das Experiment bestätigt.

c) Inversionen als Kriterium stammesgeschichtlicher Verwandtschaftsbeziehungen.

Ein Vergleich der morphologischen Chromosomenunterschiede zum Zwecke einer Aussage über stammesgeschichtliche Verwandtschaftsbeziehungen stößt im allgemeinen auf Schwierigkeiten. Anders verhält es sich mit der Ableitung der verschiedenen Inversionstypen. In der Einleitung zu diesem Abschnitt zeigte ich, daß eine Genfolge A.BCDE.FGH durch eine Inversion mit ihren Bruchpunkten zwischen A und B bzw. E und F in eine solche von AED.CBFG.H überführt wird, Haben wir die Anordnung AEDGFBCH vor uns, so können wir aussagen, daß diese durch eine Inversion entstanden ist, deren Bruchpunkte zwischen D und C bzw. G und H der zweiten Genfolge lagen; oder, daß, um diese Inversion zu erhalten, zwei Schritte notwendig waren von der Anfangsanordnung ausgehend. Das Speicheldrüsenbild zeigt bei einer Kreuzung mit demselben Standardstamm deutlich die verschiedenen Genanordnungen des III. Chromosoms der verschiedenen „Rassen". Falls aber alle Anordnungen voneinander ableitbar sein sollen, muß die Möglichkeit ausgeschaltet sein, daß dieselbe Genanordnung mehrfach neu entsteht. Untersuchungen über das Entstehen von Chromosomenmutationen, die hier zu behandeln zu weit führen würde, bestätigen, daß die Wahrscheinlichkeit des Ereignisses, daß ein

Chromosom an zwei identischen Bruchpunkten wiederholt bricht, praktisch gleich Null ist. DOBZHANSKY und STURTEVANT (1938) haben sich nun der Mühe unterzogen, einen solchen Stammbaum des III. Chromosoms aufzustellen. Erwähnenswert ist, daß im Laufe der Arbeit Genanordnungen, die aus theoretischen Gründen als bestehend vorausgesagt wurden (hypothetical inversions), später tatsächlich in der Natur gefunden wurden. Die Fig. 10 zeigt das Resultat. Da die

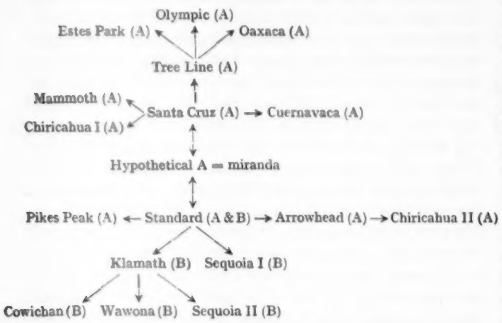


Fig. 10. Stammbaum der verschiedenen Genanordnungen des III. Chromosoms. (Nach DOBZHANSKY und STURTEVANT.)

„*Standard*"-Genfolge sowohl bei *A*, wie auch bei *B* gefunden wurde, sind die Autoren von ihr ausgegangen. Die Pfeile deuten an, daß die eine Genanordnung aus der anderen durch einen einzigen Inversionsschritt hervorgegangen ist. Nur eine Lücke bleibt noch durch das Experiment zu füllen. Diese hypothetische *A*-Inversion hat aber eine lineare Erbfaktorenanordnung, die identisch mit der des X_2-Chromosoms von *D. miranda* ist. *D. miranda* kann wegen des komplizierten und von *D. pseudoobscura* abgeleiteten $X_1 X_2$-Mechanismus (vgl. Teil I) nicht phylogenetisch älter sein. Zudem lassen die anderen in Teil I dargestellten Ergebnisse auch durchaus den Schluß zu, daß die Artentrennung *D. mir.*—*D. ps.* früher erfolgt sein muß als die in die verschiedenen *A*- und *B*-Rassen. Folglich ist entweder die hypothetische oder eine der nächststehenden: die „*Santa Cruz*"- bzw. die „*Standard*"-Inversion als phylogenetisch älteste anzusehen. Für die „Standard"-Inversion spricht ihre große Verbreitung, und daß *D. ps. A* und *B* nur diese „*Standard*"-Genanordnung gemeinsam haben. Die Möglichkeit ist aber nicht auszuschließen, daß es einen heute nicht mehr auffindbaren gemeinsamen Ahnen für *D. ps. A*, *B* und *D. mir.* gab, aus dessen verschiedenen Genkombinationen diese 3 Arten unabhängig voneinander entstanden sind.

Schluß.

Wenn auch die Klassifizierung einzelner Individuen schwierig ist, können wir dennoch die Mannigfaltigkeit der Lebewesen in natürliche Einheiten, die Arten, sondern. In den hier dargestellten Experimenten hat es sich gezeigt, daß in Fällen, in denen eine Klassifizierung auf Grund morphologischer Merkmale nicht möglich erscheint, die Analyse der physiologischen weiterhelfen kann. DOBZHANSKY hält den Befund, daß eine Mischung zweier Individuengruppen auf Grund genbedingter Unterschiede verhindert ist, für *das* Artkriterium. Die hier dargestellten Isolationsmechanismen, deren Vielzahl nur angedeutet werden konnte, können zu einer vollständigen Isolierung zweier Individuengruppen führen, wie auch zu einer Differenzierung in „Klein"-Populationen, die sich miteinander „normal" mischen. Es gibt alle Übergänge von nicht isolierten bis zu vollkommen getrennten Formenkreisen. Ein Wechselspiel von Mechanismen, welche Entstehung, Anreicherung und Erhaltenbleiben neuer Merkmale, sowie Schaffung und Erhaltung eines Gleichgewichtes zwischen der Umwelt und den Lebewesen bewirken, führt zu dem Angepaßtsein der natürlichen Formenwelt. Damit kann aber keineswegs behauptet werden, daß die funktionelle Anpassung und die morphologischen Gesetzmäßigkeiten der Evolution, etwa der phylogenetischen Reihen, vollständig erklärt sind. Sicherlich ist die funktionelle Anpassung nicht die Entstehungsursache neuer Artumbildungsprozesse im lamarckistischen Sinne. Mutation, Selektion und Isolation sind die rassen- und artbildenden Vorgänge, die wir zur Zeit als einzige experimentell erfassen können. Und die hier dargestellten Ergebnisse an *Drosophila pseudoobscura* und *D. miranda* lassen erkennen, daß ein Pessimismus oder gar ein Zurückfallen in den Glauben an mystische Evolutionsfaktoren unbegründet ist.

Literatur.

TH. DOBZHANSKY, a) On the sterility of the inter racial hybrids in *Drosophila pseudoobscura*. Proc. nat. Acad. Sci. U. S. A. **19**, 397—403 (1933) — b) Rôle of the autosomes in the *Drosophila pseudoobscura* hybrids. Proc. nat. Acad. Sci. U. S. A. **19**, 950—953 (1933) — a) Studies on the hybrid sterility I. Spermatogenesis in pure and hybrid *Drosophila pseudoobscura*. Z. Zellforsch. **21**, 169—223 (1934) — b) Are racial and species characters non-mendelian? J. Mammal. **15**, 1—3 (1934) — a) *Drosophila miranda* a new species. Genetics **20**, 366—376 (1935) — b) The *Y*-chromosome of *Drosophila pseudoobscura*. Genetics **20**, 377—391 (1935) — c) A critique of the species concept in biology. Philosophy of Sci. **2**, 344—355 (1935) — d) Fecundity in *Drosophila pseudoobscura* at different temperatures. J. of exper. Zool. **71**, 449 bis 464 (1935) — e) Maternal effect as a cause of the difference between the reciprocal crosses in *Drosophila pseudoobscura*. Proc. nat. Acad. Sci. U. A. S. **21**, 443—446 (1935) — Studies on hybrid sterility II. Localisation of sterility factors in *Drosophila pseudoobscura*. Genetics **21**, 113—135 (1936) — a) What is a species? Scientia (Milano) **1937**, 280—286 — b) Genetic nature of species differences. Amer. Naturalist **71**, 404—420 (1937) — c) Further data on *Drosophila miranda* and its hybrids with *Drosophila pseudoobscura*. J. Genet. **34**, 135—151 (1937). — TH. DOBZHANSKY u. G. W. BEADLE, Studies on the hybrid

sterility IV. Transplanted testes in *Drosophila pseudoobscura*. Genetics **21**, 832—840 (1936). — TH. DOBZHANSKY u. R. D. BOCHE, Intersterile races of *Drosophila pseudoobscura* Frol. Biol. Zbl. **53**, 314—330 (1933). — TH. DOBZHANSKY u. P. CH. KOLLER, An experimental study of sexual isolation in *Drosophila*. Biol. Zbl. **58**, 589—607 (1938). — TH. DOBZHANSKY u. D. F. POULSON, Oxygen consumption of *Drosophila* pupae. II. *Drosophila pseudoobscura*. Z. vergl. Physiol. **22**, 473—478 (1935). — TH. DOBZHANSKY u. M. L. QUEAL, Genetics of natural populations. I. Chromosome variation in populations of *Drosophila pseudoobscura* inhabiting isolated ranges. Genetics **23**, 239 bis 251 (1938) — b) Genetics of natural populations. II. Genic variation in populations of *Drosophila pseudoobscura* inhabiting isolated ranges. Genetics **23**, 463 bis 484 (1938). — TH. DOBZHANSKY u. J. SCHULTZ, Sex in *Drosophila* and other organisms. Amer. Naturalis **68**, 190—191 (1934). — TH. DOBZHANSKY u. A. H. STURTEVANT, Further data on maternal effects in *Drosophila pseudoobscura* hybrids. Proc. nat. Acad. Sci. U. S. A. **21**, 566—570 (1935) — Inversions in the chromosomes of *Drosophila pseudoobscura*. Genetics **23**, 28—64 (1938). — TH. DOBZHANSKY u. C. C. TAN, a) A comparative study of the chromosome structure in two related species. Amer. Naturalist **70**, 47—78 (1936) — b) Studies on hybrid sterility. III. A comparison of the gene arrangement in two species, *Drosophila pseudoobscura* and *D. miranda*. Z. indukt. Abstammgslehre **72**, 88—114 (1936). — S. L. FROVOLÀ u. B. L. ASTAUROV, Die Chromosomengarnitur als systematisches Merkmal. (Eine vergleichende Untersuchung der russischen und amerikanischen *Drosophila obscura*. Fall.) Z. Zellforsch. **10**, 201—213 (1929). — G. GOTTSCHEWSKI u. C. C. TAN, Die Homologie der Augenfarbgene von *Drosophila melanogaster* und *Drosophila pseudoobscura* bestimmt durch das Transplantationsexperiment. I. Biol. Zbl. **57**, 273—282 (1937 — The homology of the eye color genes in *Drosophila melanogaster* and *Drosophila pseudoobscura* as determined by transplantation. II. Genetics **23**, 221—238 (1938) — G. GOTTSCHEWSKI u. J. B. BUCK, Weitere Transplantationsexperimente an *Drosophila melanogaster* und *Drosophila pseudoobscura:* Das Gen *clot*. Z. indukt. Abstammgslehre **74**, 460—464 (1938). — J. KERKIS, Chromosome conjugation in hybrids between *Drosophila melanogaster* and *Drosophila simulans*. Amer. Naturalist **70**, 81—86 (1936). — A. KÜHN, Physiologie der Vererbung der Artumwandlung. Naturwiss. **23**, 1—10 (1935). — D. E. LANCEFIELD, Two sex linked lethals of simultaneous appearance in *Drosophila obscura*. Proc. Soc. exper. Biol. a. Med. **17**, 56—77 (1919) — Linkage relations of the sex linked characters in *Drosophila obscura*. Z. indukt. Abstammungslehre **7**, 335—384 (1922) — An interracil cross in *Drosophila obscura* producing partially fertial hybrids. Anat. Rec. **31**, 346 (1925) — A genetic study of crosses of two races or physiological species of *Drosophila obscura*. Z. indukt. Abstammgslehre **52**, 287—317 (1929). — O. LILLELAND, Duration of liefe without food in *Drosophila pseudoobscura*. Biol. Bull. **74**, 314—318 (1938). — R. H. MCKNIGHT, Cytology of *Drosophila miranda*. Genetics **23**, 158 (1938). — KL. PÄTAU, Chromosomenmorphologie bei *Drosophila melanogaster* und *Drosophila simulans* und ihre genetische Bedeutung. Naturwiss. **23**, 537—542 (1935). — E. PLAGGE, Gen-bedingte Prädetermination (sog. „mütterliche Vererbung") bei Tieren. Naturwiss. **26**, 4—11 (1938). — D. F. POULSON, Times of development of the two races of *Drosophila pseudoobscura*. J. of exper Zool. **68**, 237—245 (1934). — B. RENSCH, Das Prinzip geographischer Rassenkreise und das Problem der Artbildung. Berlin: Gebr. Borntträger 1929 — Zoologische Systematik und Artbildungsproblem. Verh. dtsch. zool. Ges. **1933**, 19—83. — J. SCHULTZ u. TH. DOBZHANSKY, Tripoid hybrids betwéen *Drosophila melanogaster* and *Drosophila simulans*. J. Genet. **65**, 73—82 (1937). — A. H. STURTEVANT, a) An effect of the Y-chromosome on the sex ratio of inter racial hybrids of *Drosophila pseudoobscura*. Proc. nat. Acad. Sci. U. S. A. **23**, 360—362 (1937) — b) Autosomal lethals in wild populations of *Drosophila pseudoobscura*. Biol. Bull. **73**, 542—551 (1937) — c) Essays on evolution. I. On the effect of selection on mutation rate. Quart. Rev. Biol. **12**, 464—467 (1937). — A. H. STURTEVANT u. TH. DOBZHANSKY, a) Geographical distribution and cytology of „sex-ratio" in *Drosophila pseudoobscura* and related species. Genetics **21**, 473—490 (1936) — b) Inversions in the third chromosome of wild races of *Drosophila pseudoobscura*, and their use in the study of the history of the species. Proc. nat. Acad. Sci. U. S. A. **22**, 448 bis 450 (1936). — A. H. STURTEVANT u. C. C. TAN, The comparative genetics of *Drosophila pseudoobscura* and *Drosophila melanogaster*. J. Genet. **34**, 415—432 (1937). C. C. TAN, Salivary gland chromosomes in the two races of *Drosophila pseudoobscura*. Genetics **20**, 392 bis 402 (1935) — Genetic maps of the autosomes in *Drosophila pseudoobscura*. Genetics **21**, 796—807 (1936) — The cytological maps of the autosomes in *Drosophila pseudoobscura*. Z. Zellforsch. **26** (1937). — C. C. TAN and D. F. POULSON, The behaviour of vermilion and orange eye colours in transplantation in *Drosophila pseudoobscura*. J. Genet. **34**, 433—435 (1937).

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über den Nachweis von Porphyrin und anderen organischen Substanzen im Kalkspat und Aragonit.

Bei der Untersuchung eines Kalkspatvorkommens von Deutsch-Altenburg an der Donau, dessen schön rosenrote, beim Erhitzen unbeständige Färbung schon von H. VON FOULLON[1] auf den Gehalt an einer organischen Substanz zurückgeführt wurde, ergab sich auf Grund des eigenartigen Absorptionsspektrums und der intensiven roten Fluoreszenz, die ebenso wie die Färbung beim Erhitzen verloren geht, ein Hinweis auf die Anwesenheit eines eingelagerten Porphyrins. Das chemische Verhalten und die eingehende Untersuchung des Absorptions- bzw. des Fluoreszenzspektrums bestätigte diese zunächst unwahrscheinlich anmutende Annahme. Bei der Lösung des Kalkspates in verdünnter Salzsäure verbleibt nämlich ein rötlicher Rückstand, der sich in verschiedenen Alkoholen oder in einem Gemisch von Äther mit Eisessig mit rosa Farbe löst. Die alkoholische Lösung zeigt zwei deutliche Absorptionsbanden bei I. 565—575 mμ; II. 525—540. Die Lage dieser Banden wurde visuell in einem Spektroskop der Firma Schmidt & Haensch (gebaut nach Angaben von HAUER und KOWALSKI) bestimmt. Ferner läßt diese Lösung eine intensive rotgelbe Fluoreszenz im filtrierten ultravioletten Lichte einer Quarz-Quecksilberlampe erkennen mit zwei hellen Emissionsbanden bei I. 590—640; II. 565—575 mμ. Ein ähnliches Fluoreszenz- und Absorptionsspektrum zeigt auch die essigsaure Lösung des Minerales bzw. der mit Eisessig plus Äther gelöste salzsaure Rückstand.

[1] H. VON FOULLON, Verh. Geol. Reichsanst. 1885, 148. — Vgl. auch J. HOFFMANN, Z. anorg. u. allg. Chem. **238**, 393 (1938).

Vom Kalkspat im Naturzustande wurden Aufnahmen des Absorptionsspektrums im Organisch-chemischen Institut der Technischen Hochschule in München (Vorstand: Prof. Dr. H. FISCHER) von Frau Dr. FR. PRUCKNER und des Fluoreszenzspektrums im Wiener Radiuminstitute von Frau Dozent Dr. B. KARLIK in dankenswerter Weise gemacht.

Die Ausmessungen des Absorptionsspektrums, die nach einer brieflichen Mitteilung von FR. PRUCKNER infolge der ungleichmäßigen Färbung und der störenden Reflexion an Spaltrissen eine Fehlerbreite von etwa 2 $m\mu$ aufweisen, ergaben folgende Lage der Maxima: I. 634 $m\mu$, II. 572 $m\mu$, III. 532 $m\mu$. II. und III. sind am deutlichsten von ungefähr gleicher Intensität; wesentlich schwächer ist das Maximum bei 634.

Die visuell-spektroskopische Messung ergab die zwei stärksten Maxima bei 565—585 $m\mu$ und 524—545 $m\mu$ in Übereinstimmung mit obigen Angaben. Außerdem wurden spektroskopisch zwei Maxima bei etwa 645 $m\mu$ und 622 $m\mu$ beobachtet, die bei der Aufnahme von FR. PRUCKNER nicht feststellbar waren.

Die Ausmessungen des Fluoreszenzspektrum durch B. KARLIK ergaben folgende Lage der Emmissionsbanden: I. intensiv 620—640 $m\mu$, II. schwach bei etwa 570—580 $m\mu$.

Die zwei intensivsten Maxima des Absorptionsspektrums zeigen eine ähnliche Lage wie die von A. TREIBS[1] eingehend untersuchten Porphyrine pflanzlichen Ursprungs in bituminösen Gesteinen und Ölschiefern. Die Frage der Zusammensetzung des im Kalkspat eingelagerten Porphyrins wird aber erst nach vorgenommener Isolierung, die von berufener Seite erfolgen soll, entschieden werden können.

Bezüglich der Herkunft des Porphyrins sind zunächst zwei Möglichkeiten gegeben. Entweder verdankt es seine Entstehung der Tätigkeit von Purpurschwefelbakterien, die grundsätzlich im schwefelwasserstoffhaltigen Thermalwasser von Deutsch-Altenburg vorkommen könnten und die vielleicht im Kalkspat, der als Kluftfüllung im genetischen Zusammenhang mit der Thermaltätigkeit steht, eingeschlossen wurden. Die zweite Möglichkeit ist die, daß das Thermalwasser beim Aufsteigen durch Erdöl führende Schichten des Untergrundes, die Porphyrin enthalten, dasselbe mitführte, welches dann bei der Bildung des Kalkspates adsorptiv eingelagert wurde. In der nächsten Nachbarschaft des roten Kalkspates kommt ein bräunlicher stengeliger Kalkspat in größeren Mengen vor, der ebenfalls organische Substanz enthält, wie durch den eigentümlichen, rohölartigen Geruch beim Anschlagen und die Verkohlungserscheinungen mit nachfolgender Entfärbung beim Erhitzen erwiesen werden kann.

In diesem Falle ließ sich kein Porphyrin nachweisen, dagegen ergab eine eigentümlich blaue Fluoreszenz der salzsauren Lösung (das Mineral selbst zeigt eine bräunlichgelbe Fluoreszenz[2]) einen Hinweis auf chinolinartige Verbindungen neben Kohlenwasserstoffen. Diese blaue Fluoreszenz, die noch viel deutlicher und heller bei einem wahrscheinlich ebenfalls thermal gebildeten Aragonit von Mödling in der salzsauren Lösung in Erscheinung tritt (in konzentrierter Lösung grünliche Fluoreszenz), läßt sich nämlich nicht mit Benzin, dagegen teilweise mit Chloroform und in ammoniakalischer Lösung auch mit Äther ausschütteln, wie das bei Chinolinpräparaten der Fall ist. Auch das Verhalten gegen Wasserstoffperoxyd ist das gleiche. Paraffine kommen nach diesem Verhalten nicht in Frage, und aromatische Kohlenwasserstoffe, wie Anthrazen oder Phenanthren, zeigen eine eigentümliche Bandenstruktur, die im Fluoreszenzspektrum der untersuchten Lösungen nicht feststellbar ist. Auch in diesem Falle wird aber die endgültige Klärung erst nach Isolierung der fraglichen Substanz erfolgen können. Möglicherweise liegen auch organische Schwefelverbindungen vor, da bei allen drei besprochenen Vorkommen der Sulfatnachweis mit $BaCl_2$ in salzsaurer Lösung stark positiv war.

Bei der Suche nach anderen Kalkspatbildungen und Mineralien mit ähnlicher Färbung und Fluoreszenz wie der rote Kalkspat von Deutsch-Altenburg, konnte bisher nur ein einziges Mineralvorkommen, nämlich das des sog. Quincyts von Quincy in Frankreich ausfindig gemacht werden, dessen schön rosenrote Färbung bereits von A. DES CLOIZEAUX[3] auf eine organische Materie zurückgeführt wird. Die spektroskopische Messung des Absorptionsspektrums ergab bei diesem Mineral nur eine deutliche Bande bei 555—570 $m\mu$. Die Ausmessung des von B. KARLIK aufgenommenen Fluoreszenzspektrums ergab zwei Banden: I. 606—625 $m\mu$; II. 564—579 $m\mu$. Auch hier ist der Verdacht auf einen Gehalt an Porphyrin oder Chlorin naheliegend.

Für das rege Interesse, die vielfache Beratung und Hilfe, die dieser Untersuchung zuteil wurde, sei insbesonders Herrn Geheimrat Prof. Dr. H. FISCHER in München und Herrn Prof. Dr. L. SCHMIDT in Wien wärmstens gedankt. Ebenso danke ich Frau Dozent Dr. B. KARLIK in Wien und Dr. FR. PRUCKNER in München bestens für die Durchführung der Aufnahmen, ebenso Herrn Doz. Dr. W. KÜHNELT und Dr. H. SALZER für mancherlei Hilfe. Das schwer zu beschaffende Material wurde in dankenswerter Weise durch den Leiter der Reichsstelle für Bodenforschung in Wien, Herrn Bergrat Dr. H. BECK und durch den verstorbenen Prof. FR. BRANDSTÄTTER zur Verfügung gestellt.

Zu Dank bin ich auch Herrn Doz. Dr. G. ORTNER für die Überlassung eines Spektroskopes aus dem Wiener Radiuminstitut und Herrn Direktor Hofrat H. MICHEL für die Überlassung einiger Qincytstücke aus der Sammlung des naturhistorischen Museums in Wien verpflichtet.

Wien, Mineralogisches Institut der Universität, den 22. Juli 1939. H. HABERLANDT.

[1] A. TREIBS, Liebigs Ann. 509, 103; 510, 42 (1934); 517, 172 (1935).

[2] Vgl. W. WETZEL, Zentralbl. f. Mineral. 1939, 225.

[3] A. DES CLOIZEAUX, Mannuel de Minéralogie 1, 102. Paris 1862.

Über eine elektrostatische Hochspannungslinse kurzer Brennweite.

Im Rahmen von Entwicklungsarbeiten an Übermikroskopen und um die optische Voraussetzung für die Herstellung einer Ionensonde großer Schärfe zu schaffen, wurde vor einiger Zeit eine kurzbrennweitige elektrostatische Hochspannungslinse entwickelt, deren Konstruktion durch die Zeichnung Fig. 1 veranschaulicht ist. Das Hauptmerkmal dieser Einzellinse besteht darin, daß alle drei das Abbildungsfeld erzeugende Elektroden nach Erfahrungen der Höchstspannungstechnik geformt und ausgeführt sind. (Gratfreiheit der Bohrung, Abrundung der dem Felde ausgesetzten Oberflächenbereiche, Verchromung und Hochglanzpolitur der Elektroden.) Auf diese Weise konnten zwischen den Elektroden betriebssicher Feldstärken über $5 \cdot 10^5$ Volt pro Zentimeter aufrechterhalten werden. Bei der gezeichneten Bauart der Elektroden, insbesondere der Mittelelektrode, ist große mechanische Stabilität trotz sehr geringer Materialdicke in der Nähe der optischen Achse und trotz der sehr engen Elektrodenabstände gewährleistet. Die Elektroden sind an einem Durchführungsisolator befestigt. Die beiden Außenelektroden lassen sich unter einer lichtmikroskopischen Hilfseinrichtung mit einer Genauigkeit von einigen 10^{-3} mm gegenüber der Blendbohrung in der Mittelelektrode zentrieren. Magnetische Abschirmungen sind durch Einlegen von Permalloy-Einsätzen in die Mittel- und Außenelektroden sehr leicht anzubringen.

Die Ausführung der kurzbrennweitigen Hochspannungslinse zeigt Fig. 2. Die ganze Linseneinheit läßt sich, da der Durchführungsisolator mit einem Dichtungsflansch versehen ist, seitlich in das Hauptrohr einsetzen. Die Anbringung von Objekthalterungen und Objektschleusen bereitet bei der besprochenen neuen Linse keine Schwierigkeiten.

Eine kürzeste Brennweite von 2,5 mm konnte bei der gezeichneten Ausführung gemessen werden. Zwischen Mittelelektrode und den beiden Außenelektroden liegen in diesem Falle etwa 80% der Beschleunigungsspannung. Bei den Versuchen wurde mit 60 kV Beschleunigungsspannung gearbeitet. Das Einsetzen von Kaltemissionen oder ein Flackern der Abbildung wurde bei dieser hohen Betriebsspannung noch nicht beobachtet.

Der Öffnungsfehler dieser Linse wurde durch lichtmikroskopische Messung der Sondenschärfe (Leuchtfleckdurchmesser auf einem Uranglasschirm bei Abbildung einer weit entfernten, hinreichend punktförmigen Elektronenquelle) bei 3 mm Brennweite und 0,125 mm Durchmesser der Aperturblende bestimmt.

Bei Annahme eines Öffnungsfehlergesetzes der Form

$$d = \mathfrak{C} \cdot \left(\frac{D}{f}\right)^3 \cdot f$$

wurde die Größe $\mathfrak{C}$ zu 4,6 bestimmt. Wird[1]

$$\mathfrak{C} = \frac{K}{2} \cdot k^3$$

gesetzt, wobei $k = \frac{\text{Brennweite}}{\text{Bohrung der Außenelektroden}}$ ist, so folgt für die allgemeine Linsenkonstante K aus den Daten der Linse ($k = 3$) ein mit der Öffnungsfehlerkonstanten magnetischer Polschuhlinsen relativ gut übereinstimmender Wert $K \approx 1$.

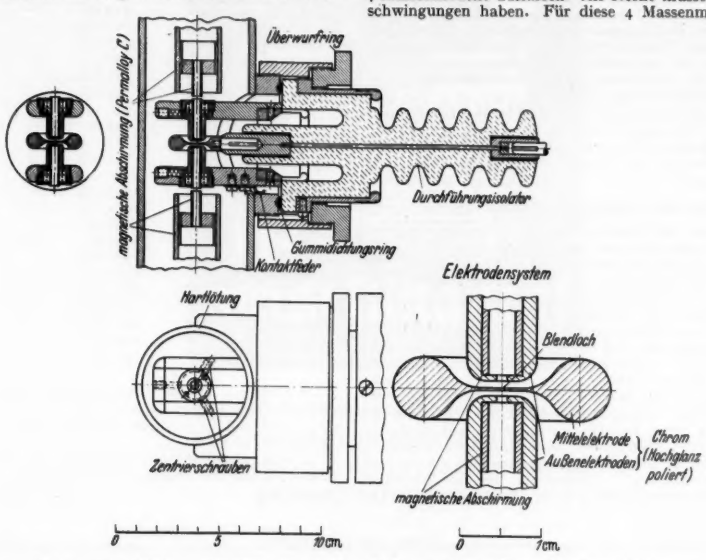


Fig. 1. Verschiedene Schnitte durch das elektrostatische Übermikroskopobjektiv.

Gegenüber dem magnetischen Mikroskopobjektiv besitzt das beschriebene Objektiv den Vorteil, daß es als elektrostatische Linse bei gleicher Anodenspannung und gleicher Geschwindigkeitssteuerung der Elektronen nur einen chromatischen Fehler der halben Amplitude entstehen läßt. Bei Vergleich mit einer magnetischen Linse von gegenüber f nicht mehr kleiner Feldausdehnung (Eisensättigungseinflüsse!)

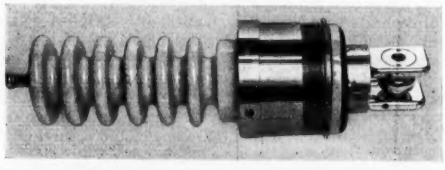


Fig. 2. Ausführung der kurzbrennweitigen elektrostatischen Hochspannungslinse (Brennweite = 2,5 mm für 60 kV-Elektronen oder Ionen).

wird dieser Unterschied sogar noch größer. Die bei Abnahme der Mittelelektrodenspannung von der gleichen Spannungsquelle gegebene Unempfindlichkeit gegen Spannungsschwankungen, das Fehlen einer (schwankenden) Bildfelddrehung und die einfachere Bauart sind als weitere wertvolle Eigenschaften anzuführen.

Über praktische Anwendungen der neuen Linse wird an anderer Stelle ausführlicher berichtet werden.

Berlin-Lichterfelde, den 28. Juli 1939.

MANFRED VON ARDENNE.

[1] M. VON ARDENNE, Intensitätsfragen und Auflösungsvermögen des Elektronenmikroskopes. Z. Physik **112**, H. 11/12, 746 (1939).

Über die Raman-Spektren des Aluminium- und Arsentrimethyls.

Die gefundenen Spektren sind in folgender Tabelle zusammen mit dem von ROSENBAUM und ASHFORD[1] mitgeteilten des Trimethylantimons in cm^{-1} wiedergegeben.

$Al(CH_3)_3$	$As(CH_3)_3$	$So(CH_3)_3$
147 m.	238 m.	188 st.
317 st.	576 st.	513 st.
457 st.	585 st.	813 sch.
499 sch.	786 m.	1194
694 st.	884 m.	1213 m.
687 m.	988 m.	2905 st.
723 s.sch.	1036 sch.	2987 sch.
1231 st.	1135 m.	
1261 s.sch.	1242 m.	
1443 sch.	1262 st.	
2826 m.	1418 st.	
2890 st.	2811 m.	
2934 m.	2849 sch.	
	2902 st.	
	3021 s.st.	
	3051 sch.	

Wenn man von den inneren Schwingungen der Methylgruppe, wie üblich, absieht, kann man diese Trialkyle als 4-Massenmodelle auffassen. Als solche müssen sie 6 Grundschwingungen haben. Für diese 4 Massenmodelle der allgemeinen Formel XY_3 kommen zwei geometrische Anordnungen in Frage:

1. Die ebene Anordnung mit der Masse X im Mittelpunkt und mit Y in den Ecken eines gleichseitigen Dreieckes. Dieser Molekülform entspricht die Symmetrie D_{3h}, und sie besitzt zwei einfache und zwei zweifach entartete Grundschwingungen. Von den einfachen ist eine im Raman-Effekt verboten. Beim Vorliegen dieses Modells sind im Raman-Spektrum drei Grundschwingungen zu erwarten.

2. Die pyramidale Anordnung mit X an der Spitze an einer dreiseitigen Pyramide und mit Y in den Ecken eines gleichseitigen Dreiecks. Die Symmetrie in diesem Falle ist C_{3v}, wobei das Modell ebenfalls zwei einfache und zwei zweifach entartete Schwingungen besitzt, die alle im Raman-Effekt und Ultrarot erlaubt sind.

[1] ROSENBAUM u. ASHFORD, J. chem. Phys. 7, 554 (1939).

In beiden von uns untersuchten Fällen sind, wenn man von den Frequenzen über 1100 cm^{-1} als innere Schwingungen der CH_3-Gruppe absieht, 7 Frequenzen im Raman-Spektrum aufgetreten.

Es liegen hier aller Wahrscheinlichkeit nach pyramidale Moleküle vor. Die Überschreitung der für die pyramidale Form zu erwartenden Linienzahl (4) ist wahrscheinlich auf eine Störung der Symmetrie zurückzuführen. Demzufolge würden die entarteten Schwingungen in Komponenten aufspalten und dadurch 6 Frequenzen ergeben. Die Störung der Symmetrie kann durch gegenseitige Beeinflussung der Moleküle im flüssigen Zustand oder durch eine Verdrehung der Methylgruppen um die Metallkohlenstoffbindung verursacht sein. In der Tat treten besonders im Spektrum des Arsentrimethyls auffallenderweise Doubletts auf.

Die 7. Frequenz kann jeweils entweder auf Fermi-Resonanz oder auf Assoziation zurückgeführt werden.

Dresden, Institut für anorganische und anorganisch-technische Chemie der Technischen Hochschule, den 14. August 1939. F. Fehér. W. Kolb.

Ramanspektrum des Trimethylaluminium-Äthylätherats.

Um die Rolle des Äthers bei den metallorganischen Verbindungen zu klären, wurde zunächst das Äthylätherat des Aluminiumtrimethyls untersucht. Hier sind nämlich die Verhältnisse besonders klar und einfach, weil sowohl das Ätherat als auch das ätherfreie Produkt flüssig, farblos und verhältnismäßig leicht zugänglich ist.

Die Spektren des Aluminiumtrimethyls, des Aluminiumtrimethyl-Äthylätherats und des Äthyläthers sind in folgender Tabelle in cm^{-1} zusammengestellt.

Äthyläther	Aluminiumtrimethyl-Äthylätherat	Aluminiumtrimethyl
454 st.	159 m.	147 m.
846 st.	202 sch.	317 st.
930 sch.	413 sch.	457 st.
1158 m.	526 st.	499 sch.
1276 m.	573 sch.	694 st.
1460 st.	599 sch.	687 m.
1501 sch.	626 m.	723 s.sch.
2700 sch.	725 m.	1231 st.
2733 sch.	782 sch.	1261 s.sch.
2811 st.	941 sch.	1443 sch.
2865 sch.	906 sch.	2826 m.
2931 st.	1003 sch.	2890 st.
2982 m.	1071 sch.	2934 m.
	1098 m.	
	1195 st.	
	1340 sch.	
	1461 st.	
	2783 s.st.	
	2818 sch.	
	2884 st.	
	2929 st.	
	2981 m.	

Ein Blick auf die Spektren zeigt, daß das Ätheratspektrum nicht additiv aus denen der freien Verbindungen zusammengesetzt ist. In dem Ätheratspektrum liegt vielmehr ein vollkommen neues Spektrum vor. So spaltet z. B. die tiefste Frequenz des freien Trimethylaluminiums bei 147 cm^{-1} bei dem Ätherat in zwei Frequenzen auf. Die zweite von diesen liegt bei 202 cm^{-1}. Ferner ist eine der stärksten Linien des Ätherspektrums bei 454 cm^{-1} im Ätheratspektrum überhaupt nicht vorhanden. Umgekehrt sind eine ganze Reihe von Linien des Ätheratspektrums weder im Spektrum des freien Aluminiumtrimethyls, noch im Äther allein vorhanden.

Wir können auf alle Fälle feststellen, daß im Aluminiumtrimethylätherat eine Molekülverbindung vorliegt, bei der die Äthermoleküle sicher sehr eng mit dem Trimethylkörper verbunden sind.

Dresden, Institut für anorganische und anorganisch-technische Chemie der Technischen Hochschule, den 14. August 1939. F. Fehér. W. Kolb.

Besprechungen.

MAGER, FRIEDRICH, **Die Landschaftsentwicklung der Kurischen Nehrung.** Königsberg (Pr.): Gräfe und Unzer 1938. 242 S., 16 Abbild., 4 Karten und 1 Ausschlagtafel. 19 cm × 25 cm. Preis geb. RM 8.—.

Das Ziel, das sich der Verfasser gesetzt hat: „dem Leser einen tieferen Einblick in den kulturgeographischen Werdegang der Kurischen Nehrung" zu bieten, hat er unbestreitbar erreicht. Geologische und archäologische Befunde, Volksüberlieferungen, alte Karten und geschichtliches, vielfach bisher ungedrucktes Aktenmaterial sind in großer Vollständigkeit zusammengetragen und ergeben bei aller wissenschaftlichen, nur durch die zum Teil wörtliche Anführung alter Akten und Berichte gelockerten Strenge der Darstellung ein unerhört eindringliches Bild.

Im Mittelpunkt steht der Kampf gegen den Sand. Es wird dargelegt, daß die Kurische Nehrung schon vor 4000 Jahren bewaldet gewesen sein muß. Damals bestand ein natürliches Gleichgewicht der Kräfte zwischen dem angreifenden, von der See immer neu herangeführten, bei Sturmfluten aber auch wieder weggerissenen Sand und dem in Verteidigungsstellung befindlichen Wald, der sich durch randliche Abdachung mit Übergang in niedriges Gehölz schützte. Dieses Gleichgewicht ist Jahrtausende hindurch erhalten geblieben, bis dann im 15. oder 16. Jahrhundert die Entwaldung und Versandung einsetzt und der Nehrung im Verlauf von 400—500 Jahren einen neuen landschaftlichen Charakter aufprägt.

Die Schuld an dieser Entwicklung schreibt der Verfasser dem Menschen zu, der durch unüberlegtes, bis zu schonungslosem Raubbau sich steigerndes Roden und Ausholzen, durch die uneingeschränkte Pferdeweide und die übertriebene Beanspruchung als Wildbahn die Widerstandskraft des Waldes zerstörte und dadurch ein Vordringen des Sandes heraufbeschwor, dem nur durch staatlich zusammengefaßte und gestützte Abwehrmaßnahmen Einhalt geboten werden konnte. Diese Einsicht begann sich erst in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts langsam durchzusetzen. An der ausführlich dargestellten Geschichte der einzelnen Nehrungsdörfer wird gezeigt, daß die bis dahin geübte örtlich beschränkte Einzelabwehr zwecklos war und nur einen hoffnungslosen Existenzkampf ganzer Dörfer bedeutete, der oft mit Verlegung oder völligem Verschwinden endete. Die wiedergegebenen zeitgenössischen Berichte sind manchmal von erschütternder Dramatik.

Kurze Kapitel geben zusammenfassende Überblicke über den interessanten Wandel der Verkehrsbedeutung und über die Siedlungsgeschichte der Nehrung. Ihren Abschluß findet die bewegte Handlung dieses Buches in der Schilderung der jüngsten Entwicklung, die den Kampf gegen die Versandung erfolgreich beendet und damit auch die wirtschaftliche Gesundung der Nehrung herbeigeführt hat.

Die breit und sicher fundierte Arbeit, die sich auch mit dem schon vorhandenen Schrifttum sorgfältig auseinandersetzt, dürfte Anspruch darauf haben, als eine im großen ganzen abschließende Darstellung der bisherigen Landschaftsgeschichte der Kurischen Nehrung betrachtet zu werden. Kurt Kaehne, Berlin.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Fritz Süffert, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig.

Die NS-Volkswohlfahrt unterhält bereits 137 Ausbildungsstätten für Schwestern, Kindergärtnerinnen, Volkspflegerinnen usw.

Soeben erschien:

Physik

Ein Lehrbuch

Von

Dr. **Wilhelm H. Westphal**

b. a. o. Professor der Physik an der Technischen Hochschule Berlin

Fünfte und sechste Auflage

Mit 631 Abbildungen. XI, 655 Seiten. 1939. Gebunden RM 19.80

Inhaltsübersicht:

Einleitung. — **I. Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper:** Bewegungslehre. Die Lehre von den Kräften. Die allgemeine Gravitation. — **II. Mechanik der nichtstarren Körper:** Die Materie. Die Elastizität der festen Stoffe. Mechanik ruhender Flüssigkeiten, ruhender Gase, bewegter Flüssigkeiten und Gase. Schwingungen und Wellen. Schall. — **III. Wärmelehre:** Das Wesen der Wärme. Zustandsgleichungen, Wärmeenergie. Änderungen des Aggregatzustandes. Lösungen. Die drei Hauptsätze der Wärmelehre. Wärme und Arbeit. — **IV. Elektrostatik.** — **V. Elektrische Ströme:** Elektrische Ströme in festen Leitern, in flüssigen Leitern, in Gasen. — **VI. Magnetismus und Elektrodynamik:** Magnetische Felder im Vakuum. Die magnetischen Eigenschaften der Stoffe. Elektromagnetische Geräte. Wechselstrom. Elektrische Maschinen. Elektrische Schwingungen und Wellen. — **VII. Optik und allgemeine Strahlungslehre:** Das Wesen des Lichtes. Lichtmessung. Geometrische Optik. Wellenoptik. Das elektromagnetische Spektrum. Temperaturstrahlung und Lumineszenz. — **VIII. Relativitätstheorie.** — **IX. Quantentheorie. Atome und Moleküle. Kristalle:** Quantentheorie des Lichtes. Quantentheorie der Atome und Moleküle. Quantenmechanik. Atomkerne. Kernumwandlungen. Ultrastrahlung. Kristalle. — **X. Einiges aus der Physik des Weltalls.** — Schlußwort. — Sachverzeichnis.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Handbuch der Astrophysik

Herausgegeben von

G. Eberhard A. Kohlschütter H. Ludendorff

Zuletzt erschien:

Band VII

Ergänzungsband

Berücksichtigend die Literatur bis Ende 1934
nebst einem Generalregister des Gesamtwerkes

Mit 110 Abbildungen. IX, 755 Seiten. 1936. RM 126.—; gebunden RM 129.—

Inhaltsübersicht:

Band I: Kap. 3. Spektroskopie. Von K. W. Meissner-Frankfurt a. M. — Kap. 5. Apparate und Methoden zur Messung der Gesamtstrahlung der Himmelskörper. Von W. E. Bernheimer-Wien. — **Band II:** Kap. 1. Theoretische Photometrie. Von E. Schoenberg-Breslau. — Kap. 2. Spektralphotometrie. Von H. Brück-Potsdam. — Kap. 3. Kolorimetrie. Von H. von Klüber-Potsdam. — Kap. 4. Lichtelektrische Photometrie. Von H. Rosenberg-Kiel. — Kap. 5. Photographische Photometrie. Von G. Eberhard-Potsdam. — Kap. 6. Visuelle Photometrie. Von W. Hassenstein-Potsdam. — **Band III:** Kap. 2 und 8. Thermodynamik der Sterne und Pulsationstheorie. Von B. Strömgren-Kopenhagen. — Kap. 3. Die Ionisation in den Atmosphären der Himmelskörper. Von B. Strömgren-Kopenhagen. — Chapter 4. The Principles of Quantum Theory. By S. Rosseland-Oslo. — Kap. 5. Gesetzmäßigkeiten in den Serienspektren. Von W. Grotrian-Potsdam. — Kap. 6. Theorie der Multiplettspektren. Von O. Laporte-Ann Arbor, Michigan. — Kap. 7. Bandenspektra. Von K. Wurm-Potsdam. — **Band IV:** Kap. 1. Strahlung und Temperatur der Sonne. Von W. E. Bernheimer-Wien. — Chapter 2. Solar Physics. By G. Abetti-Firenze. — Chapter 3. Eclipses of the Sun. By S. A. Mitchell-Charlottesville, Va. — Kap. 4. Die physische Beschaffenheit des Planetensystems. Von K. Graff-Wien. — Kap. 5. Kometen und Meteore. Von A. Kopff-Berlin-Dahlem. — **Band V:** Kap. 1. Klassifizierung und Beschreibung der Sternspektren. Von Fr. Becker-Bonn. — Kap. 2. Zur Statistik der Spektraltypen. Von Fr. Becker-Bonn. — Kap. 3. Die Temperaturen der Fixsterne. Von W. Becker-Potsdam. — Chapter 4. Luminosities, Colours, Diameters, Densities, Masses of the Stars. By K. Lundmark-Lund. — Chapter 5. Stellar Clusters. By H. Shapley-Cambridge, Mass. — Chapter 6. The Nebulae. By H. D. Curtis-Ann Arbor, Michigan. — Kap. 7. Die Milchstraße. Von B. Lindblad-Stockholm. — **Band VI:** Chapter 1. The Radial Velocities of the Stars. By K. G. Malmquist-Stockholm. — Kap. 2. Die veränderlichen Sterne. Von H. Ludendorff-Potsdam. — Chapter 3. Novae. By F. J. M. Stratton-Cambridge. — Kap. 4. Doppelsterne. Von W. Rabe-München. — Erläuterungen zu den Abkürzungen. — Sachverzeichnis zu Band I—VII.

Die übrigen Bände:

Band I: **Grundlagen der Astrophysik.** I. Teil. Mit 299 Abbildungen. XII, 564 Seiten. 1933. RM 96.—; gebunden RM 99.—

Band II: **Grundlagen der Astrophysik.** II. Teil. 1. Hälfte. Mit 134 Abbildungen. XI, 430 Seiten. 1929. RM 59.40; gebunden RM 62.10

2. Hälfte. Mit 85 Abbildungen. VII, 322 Seiten. 1931. RM 48.60; gebunden RM 51.48

Band III: **Grundlagen der Astrophysik.** III. Teil. 1. Hälfte. Mit 44 Abbildungen. X, 473 Seiten. 1930. RM 66.60; gebunden RM 69.30

2. Hälfte. Mit 131 Abbildungen. VIII, 358 Seiten. 1930. RM 52.92; gebunden RM 55.80

Band IV: **Das Sonnensystem.** Mit 221 Abbildungen. VIII, 501 Seiten. 1929. RM 68.40; gebunden RM 70.92

Band V: **Das Sternsystem.** I. Teil. 1. Hälfte. Mit 173 Abbildungen. X, 574 Seiten. 1932. RM 96.—; gebunden RM 99.—

2. Hälfte: Mit 118 Abbildungen und 2 Tafeln. X, 582 Seiten. 1933. RM 96.—; gebunden RM 99.—

Band VI: **Das Sternsystem.** II. Teil. Mit 123 Abbildungen. IX, 474 Seiten. 1928. RM 59.40; gebunden RM 61.83

Jeder Band ist einzeln käuflich, Bandteile werden nicht einzeln abgegeben.

VERLAG VON JULIUS SPRINGER IN BERLIN

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder angezeigten Bücher sind durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Hierzu zwei Beilagen vom Verlag Julius Springer in Berlin.

Für den Textteil verantwortlich: Fritz Süffert in Berlin W 9; für den Anzeigenteil: Albert Meyer in Berlin-Steglitz, Kühlebornweg 5. DA. II. Vj. 3115. — Pl. 4. — Druck der Spamer A.-G. in Leipzig. — Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Printed in Germany.